



SOS DUNE

23 ottobre 2009 - Roma

Buone pratiche per gli interventi di Difesa Ambientale delle Dune Costiere

Ingegnere Ambientale Federico Boccalaro
AIPIN socio esperto difesa suolo



Opere di difesa naturali e artificiali

Stato dei complessi dunosi nel Mediterraneo

Il **Mediterraneo** rischia di perdere le sue caratteristiche dune di sabbia, una vera e propria difesa naturale dei litorali marini.

Turismo e cemento hanno sacrificato, in un secolo, circa 70.000 *ha* di colline sabbiose del Mediterraneo, con una **perdita** del 71% degli oltre 100.000 *ha* di dune esistenti all'inizio del secolo.

Secondo il Rapporto Europeo sull'Ambiente, tra tutti i paesi europei, spetta all'**Italia** il primato di aver sacrificato più dune: dai circa 45.000 *ha* dell'inizio del 1900 si è passati ai 9.000 attuali con una perdita, quindi, dell'80% di paesaggio litorale.

In particolare, se l'**attacco alle dune** non è stato risparmiato in nessun paese dell'Unione ed ha colpito le coste atlantiche dei paesi del Nord, è nel **Mediterraneo** che si registra il caso più allarmante.

Opere di difesa naturali e artificiali

Stato dei complessi dunosi nel Mediterraneo

Sulle **coste francesi** che si affacciano sul bacino la perdita di dune è stata del 75%, contro il 50% registrato sul fronte atlantico. In **Spagna**, rispettivamente del 75% sul Mediterraneo e del 30% sulle altre coste. Colpita anche la **Grecia** che si ritrova, dopo 90 anni, con 10.000 *ha* di dune rispetto ai 20.000 che orlavano i litorali nel 1900.

Il patrimonio di dune europeo è attualmente di circa 430.000 *ha*, di cui il 40% è stato rifeostato con **specie esotiche** che hanno provocato il deperimento di un terzo dell'area così rivegetata.

Tabella - *Situazione dell'evoluzione del paesaggio delle dune dei litorali europei (da U.E., 1995)*

	Ettari nel 1900	Perdita
Olanda	45.000	32%
Belgio	5.000	46%
Gran Bretagna	80.000	40%
Irlanda	20.000	60%
Danimarca	80.000	35%
Germania	20.000	20%
Francia	250.000	50% (Atlantico)
		75% (Mediterraneo)
Spagna	70.000	30% (Atlantico)
		75% (Mediterraneo)
Portogallo	100.000	50%
Italia	45.000	80%
Grecia	20.000	50%

Opere di difesa naturali e artificiali

Stato dei complessi dunosi in Italia

Gran parte dei litorali sabbiosi del nostro Paese è ormai **antropizzata**: attualmente le dune costiere sono ancora abbastanza presenti soprattutto in Sardegna e Toscana, e lo dimostra la gran copia di Siti di Importanza Comunitaria (**SIC**) e le segnalazioni di **Biotopi** della Società Botanica Italiana riguardanti le loro coste; altrove si rileva ancora qualche situazione interessante, mentre in alcune regioni questo ambiente è ormai scomparso (vedi **figura**).

Figura - Posizione dei principali siti con dune costiere in buono stato (da U. Macchia, 2005)



Le dune costiere in Italia

Posizione dei principali siti italiani citati nel capitolo, nei quali si riscontrano ancora discrete estensioni di dune costiere in buono stato:

- | | |
|--|--|
| 1) Parco Migliarino S. Rossore Massaciuccoli | 19) Oasi WWF di Torre Guaceto, nei dintorni di Ostuni |
| 2) Costa toscana da Cecina a Populonia | 20) Dune del lago di Lesina |
| 3) Costa toscana da Castiglion della Pescaia a Principina a Mare e Parco della Maremma | 21) Costa abruzzese e molisana a sud di Vasto |
| 4) Coste toscane e laziali da Burano a Tarquinia | 22) Litorale di Ravenna fra Lido di Dante e Lido di Classe |
| 5) Litorale di Castel Porziano e Capocotta | 23) Litorale ravennate di Porto Corsini e Casal Borsetti |
| 6) Parco del Circeo | 24) Delta del Po e area protetta di Porto Caleri |
| 7) Litorale laziale a nord di Sperlonga | 25) Valle Vecchia (Venezia) |
| 8) Litorale campano nei dintorni di Mondragone | 26) Lignano Pineda |
| 9) Litorale calabrese nel golfo di S. Eufemia | 27) Pistis |
| 10) Litorale calabrese nei dintorni di Rosarno | 28) Piscinas |
| 11) Area Protetta alle foci del Simeto (Catania) | 29) Buggerru-Portixeddu |
| 12) Area protetta di Vendicari e Capo Passero | 30) Porto Pino |
| 13) Costa siciliana nei pressi di Sampieri | 31) Chia-Domus de Maria |
| 14) Costa siciliana fra Scoglitti e Gela | 32) Dintorni della foce del Flumendosa |
| 15) Costa calabrese nei dintorni del fiume Neto | 33) Capo Comino |
| 16) Costa jonica lucana | 34) Costa sarda fra S. Teresa di Gallura e Vignola |
| 17) Costa pugliese nel comune di Ugento | 35) Costa sarda da Badesi a Valledoria |
| 18) Costa pugliese dei laghi Alimini | 36) Litorale di Platamona |
| | 37) Porto Ferro |
| | 38) Is Arenas |

Opere di difesa naturali e artificiali

Generalità sugli interventi

L'intervento dell'uomo è spesso necessario per evitare la progressiva erosione delle coste e per difendere i beni insistenti sulle aree rivierasche. Possiamo distinguere le opere di difesa dei litorali in naturali o artificiali.

Tra le opere di difesa naturali si possono ricordare quelle per le spiagge, con interventi di mantenimento a mezzo di geotessili, opere in legname o massi e ripristini vegetazionali, e per le dune, con interventi di consolidamento a mezzo di viminate o palizzate e ripristini vegetazionali (vegetazione colonizzatrice e schermante).

Opere di difesa naturali e artificiali

Generalità sugli interventi

Tra quelle **artificiali**, alcune hanno la funzione di impedire l'azione erosiva dell'onda mediante il rivestimento e/o di sostenere il terreno a tergo (categoria delle **difese aderenti** come muri di sponda, paratie a mare, rivestimenti); altre riforniscono di sabbia la spiaggia per controbilanciare le perdite causate dai processi naturali o da interventi dell'uomo (categoria dei **ripascimenti** protetti e spiagge artificiali).

Le **barriere frangiflutti**, comunemente indicate con il termine di difese parallele, e i **pennelli**, se usati per sottrarre materiale litoraneo al trasporto lungo riva, possono considerarsi rientranti in questa seconda categoria. I frangiflutti, quali opere che riducono l'azione dell'onda sulla riva, rientrano anche nella prima categoria.

Opere di difesa naturali e artificiali

Generalità sugli interventi

Ma un intervento di difesa limitato ad un breve tratto di una riva in erosione si rivela quasi sempre **antieconomico**. Peraltro, non va dimenticato che una protezione così limitata potrà **aggravare i fenomeni erosivi in atto** o addirittura innescarne di nuovi sulle rive adiacenti non protette, il cui bilancio di apporti e asporti di sedimenti dovrà registrare in negativo il mancato arrivo del materiale non più eroso nel tratto protetto e quindi sottratto alla **naturale dinamica del trasporto lungo riva**.

Comunque, ogni intervento ha un suo **grado di idoneità** al variare della caratterizzazione fisica del sito (vedi **tavola**).

Tabella - Quadro schematico per la scelta del tipo di opera per difese di spiaggia (da Tomasicchio, 1991, modificato)

Tipo di intervento	Caratterizzazione del sito												
	urgenza			trasporto litoraneo					marea		instabilità morfologica		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o
Pennelli	*	1	2	0	1	3	2	2	1	2	2	1	*
Frangiflutti foranei	*	0	2	2	3	+	2	+	2	1	2	1	0
Difese aderenti	2	+	*	1	0	0	*	*	1	2	2	1	*
Ripascimenti	3	3	2	3	2	2	1	1	2	2	1	2	3
Conservazione dune	1	2	2	1	2	0	2	0	2	2	0	2	2

LEGENDA

Gradi di idoneità

- 3 soluzione consigliabile
- 2 soluzione idonea
- 1 soluzione accessoria
- + soluzione idonea o accessoria per qualche forma di intervento, inefficiente per altre
- 0 soluzione inefficiente
- * soluzione sconsigliabile

Tipi di urgenza

- a) estrema (entro 15 gg)
- b) media (entro 1 anno)
- c) generica

Importanza della marea

- i) insignificante (oscillazioni inferiori di mezzo metro)
- l) importante (oscillazioni superiori di mezzo metro e/o acqua alta superiore al metro)

Instabilità morfologica del sito

- m) insignificante (ad es. falesie)
- n) modesta (spiagge sottili di grande estensione e spiagge a tasca)
- o) importante (ad es. cuspidi focali e piccole unità fisiografiche con forti trasporti)

Tipi di regime del trasporto litoraneo

- d) trasporto litoraneo assente o insignificante rispetto ai movimenti trasversali alla spiaggia;
- e) deriva litoranea (trasporto netto) assente o insignificante rispetto ai trasporti lordi;
- f) deriva litoranea modesta ma ben definita;
- g) trasporti litoranei importanti ma con deriva mal definita;
- h) trasporti litoranei importanti e deriva ben definita.

Ingegneria Naturalistica costiera

Progettazione di interventi costieri - dune

La difesa delle dune contempla, oltre ai tradizionali strumenti urbanistici come l'interdizione all'accesso, anche la realizzazione di opere volte a ridurre l'erosione, a rifeodarle e a ripristinare la morfologia.

La rifeodazione delle dune non è però cosa semplice, dato che il substrato è in continua evoluzione e le radici delle nuove piantine vengono continuamente scoperte dal vento; essa viene quasi sempre accompagnata da interventi, eventualmente provvisori, idonei a ridurre la mobilità dei sedimenti, oltre che a limitare l'accesso (*vedi figura*).

La specie più frequentemente utilizzata per favorire la formazione di nuove dune o la stabilizzazione di quelle soggette a deflazione accelerata è l'*Ammophila litoralis*.

Figura - *Dune protette alla foce del Coghinas a Badesi (da F. Boccalaro, 2005)*



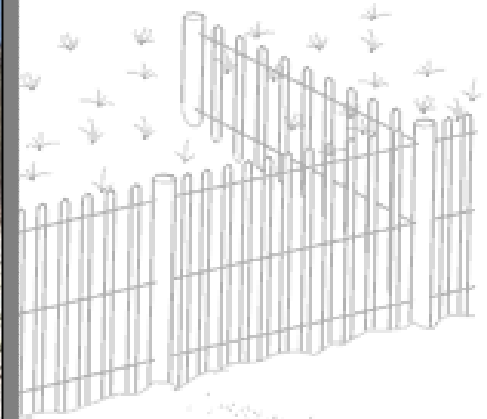
Ingegneria Naturalistica costiera

Progettazione di interventi costieri - dune

Le tecniche di intervento utilizzate nel mondo per stabilizzare o ricostituire le dune sono estremamente diversificate, anche se si stanno evolvendo tutte nella direzione dell'Ingegneria Naturalistica, come avviene ad esempio con la creazione di **barriere frangivento** in materiali naturali che simulano l'effetto della vegetazione. Si trovano comunque anche difese costruite con staccionate in legno, barriere di plastica e **reti in geotessuto** (*vedi figura*).

L'accesso alla spiaggia viene spesso realizzato con percorsi sinuosi, così che il vento non possa incanalarvisi, e senza operare tagli artificiali; inoltre, si copre il suolo con **passerelle in legno** o con **detriti vegetali** di varia natura, in modo da impedire la deflazione laddove il calpestio non consente lo sviluppo della vegetazione.

Figura - Reti in geogriglia a protezione di dune mobili a Cape Feret (F) (da DEFRA, 1999)



Ingegneria Naturalistica costiera

Progettazione di interventi costieri - dune

In molti casi, per impedire ogni interferenza fra le strutture e la morfologia delle dune, si realizzano **passerelle sopraelevate** fino a costituire veri e propri ponti che collegano la viabilità interna ed i parcheggi direttamente con la spiaggia (*vedi figura*).

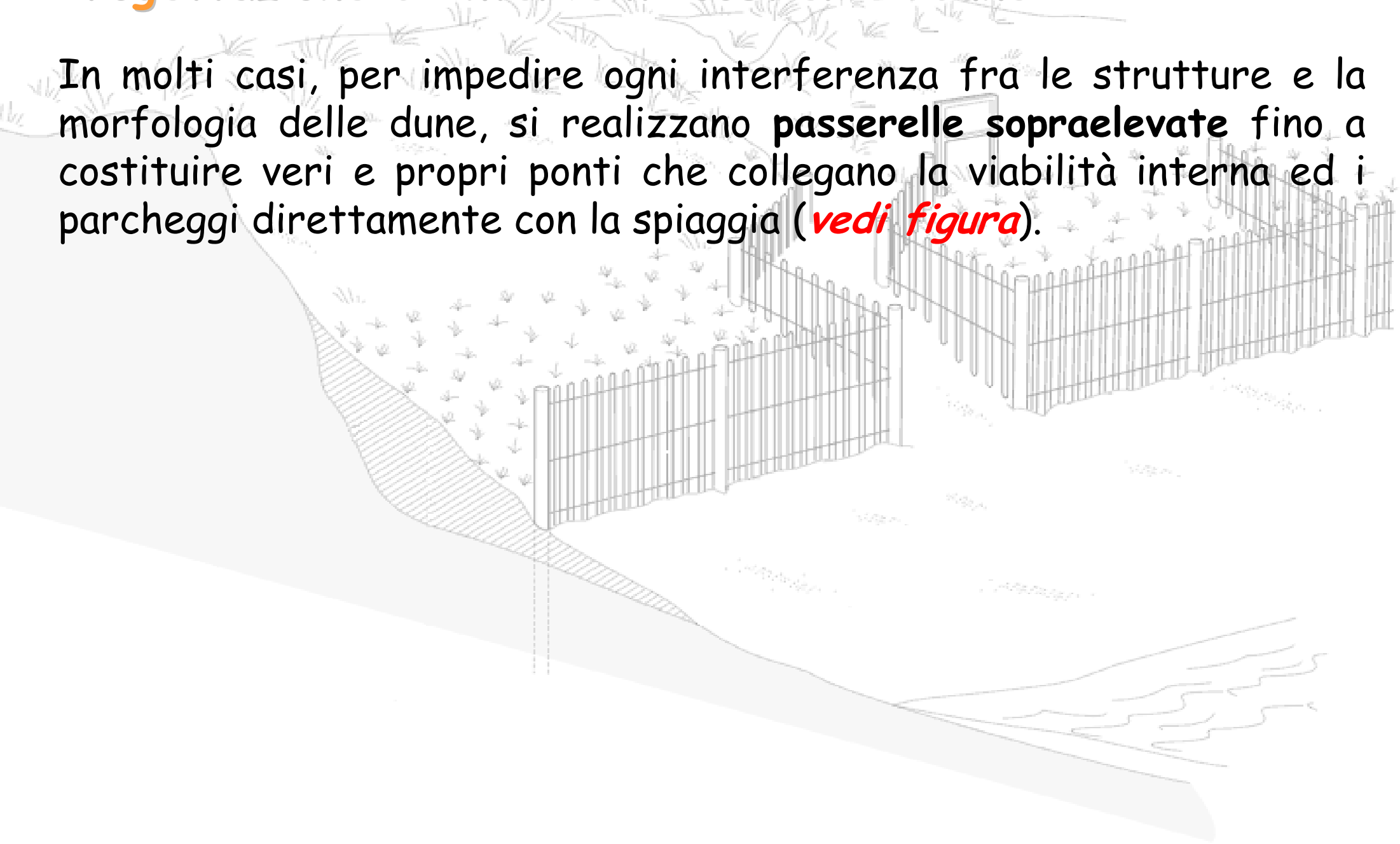
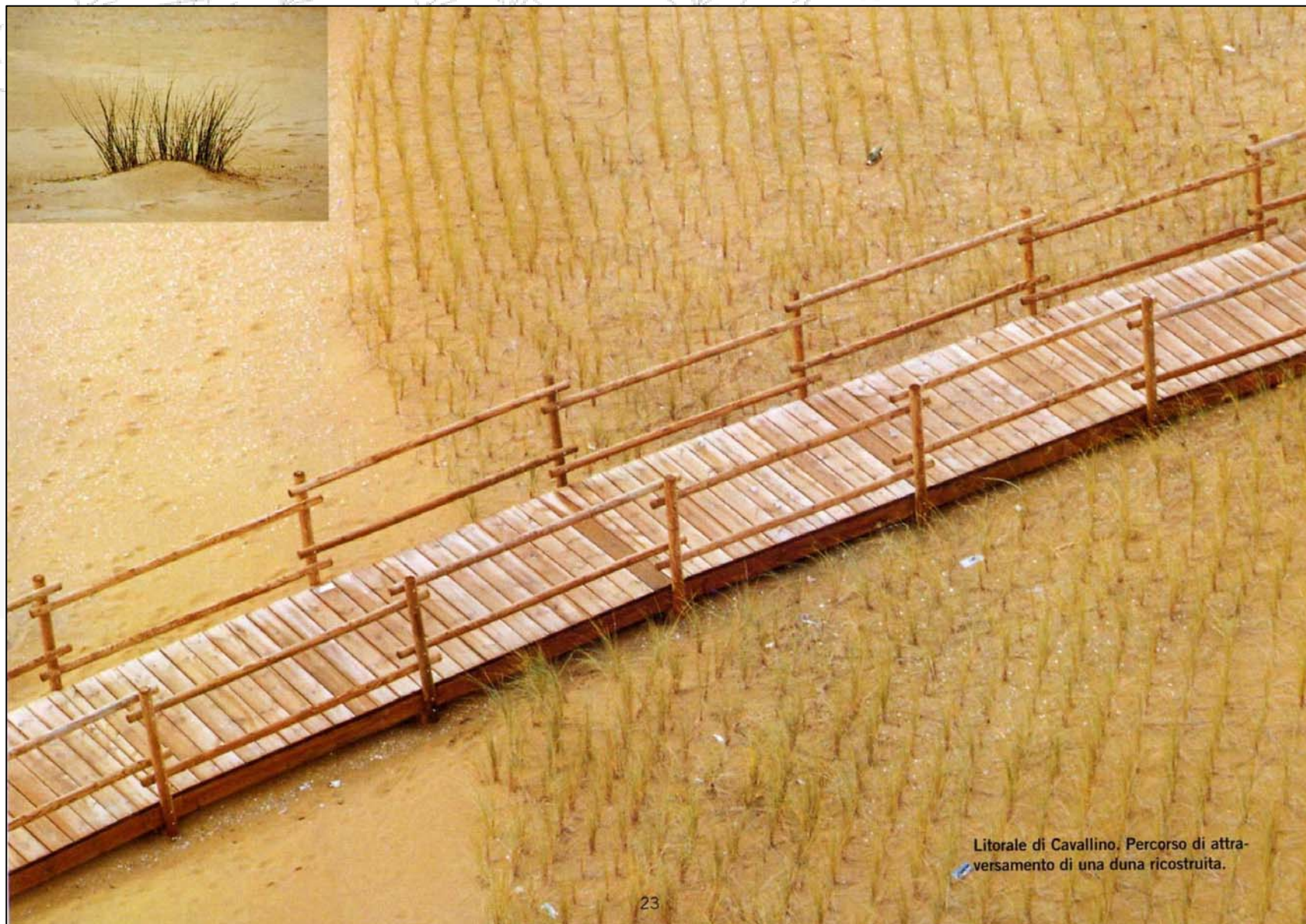


Figura - *Ricostruzione dune lungo il litorale di Cavallino (da Consorzio Venezia Nuova, 2004)*

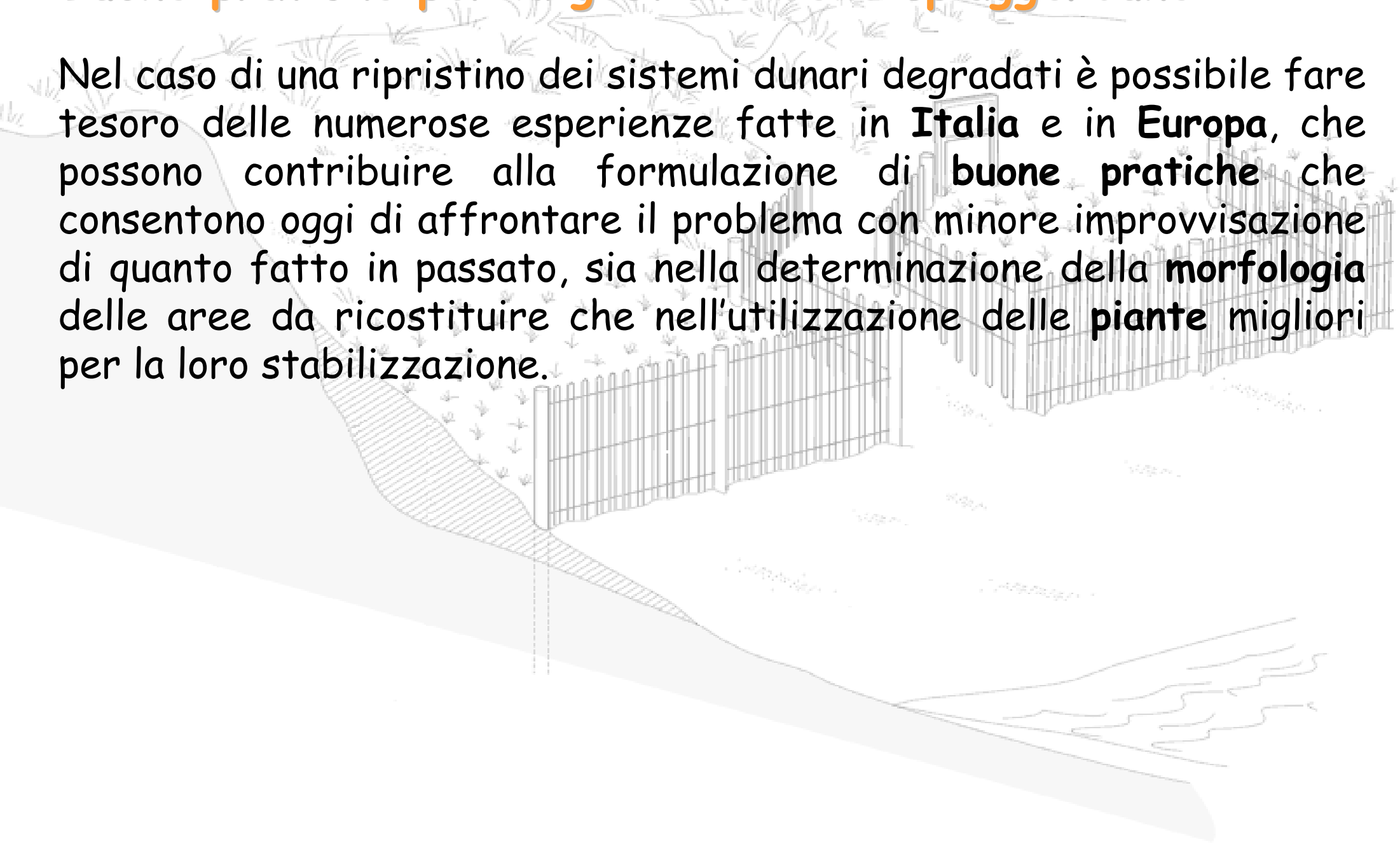


Litorale di Cavallino. Percorso di attraversamento di una duna ricostruita.

Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

Nel caso di una ripristino dei sistemi dunari degradati è possibile fare tesoro delle numerose esperienze fatte in **Italia** e in **Europa**, che possono contribuire alla formulazione di **buone pratiche** che consentono oggi di affrontare il problema con minore improvvisazione di quanto fatto in passato, sia nella determinazione della **morfologia** delle aree da ricostituire che nell'utilizzazione delle **piante** migliori per la loro stabilizzazione.



Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

Lo schema presenta un diagramma di flusso per aiutare il **gestore del litorale** nel passare dall'osservazione dell'erosione all'attuazione di un piano di gestione. Questo processo è fortemente legato al **monitoraggio**.

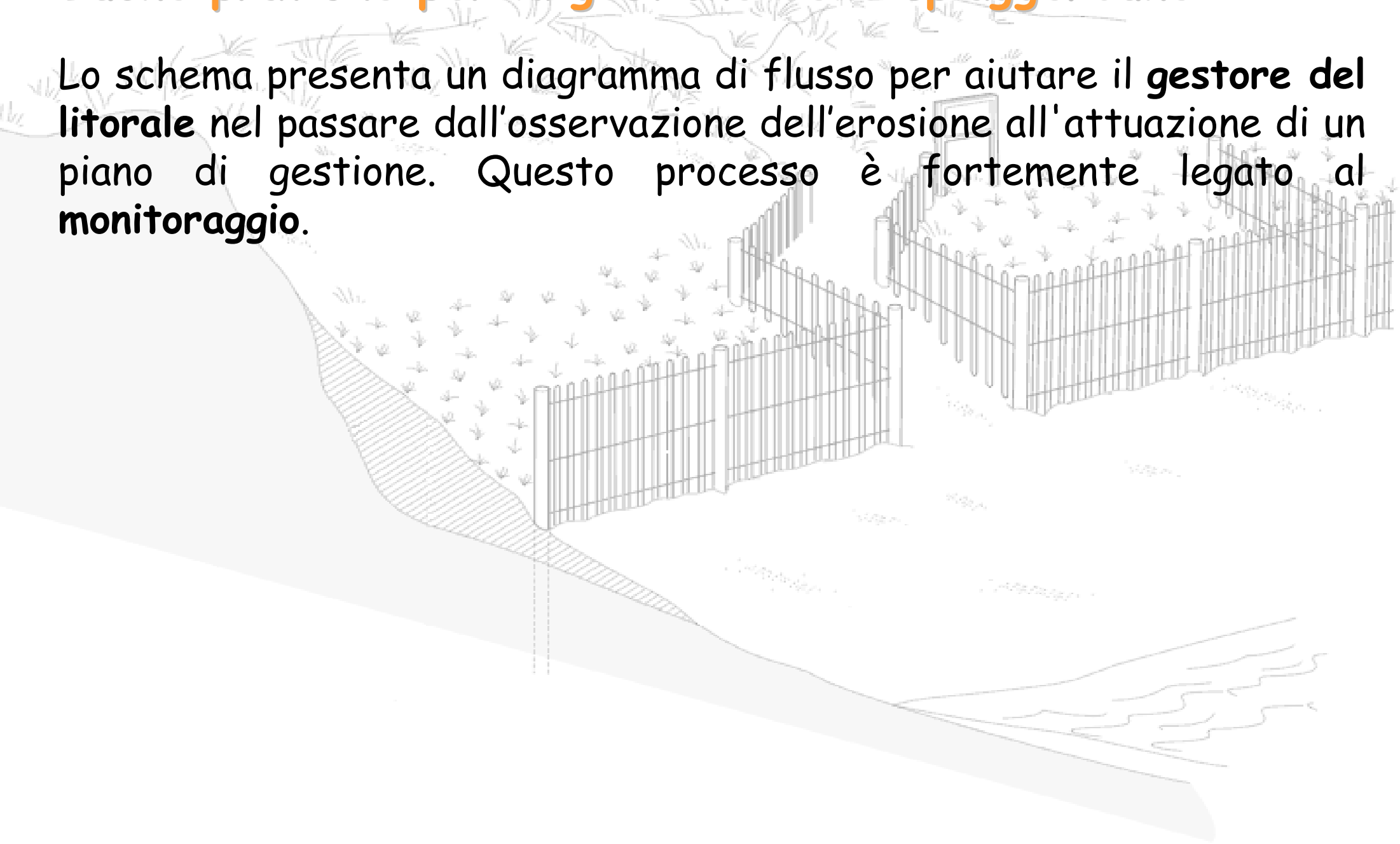
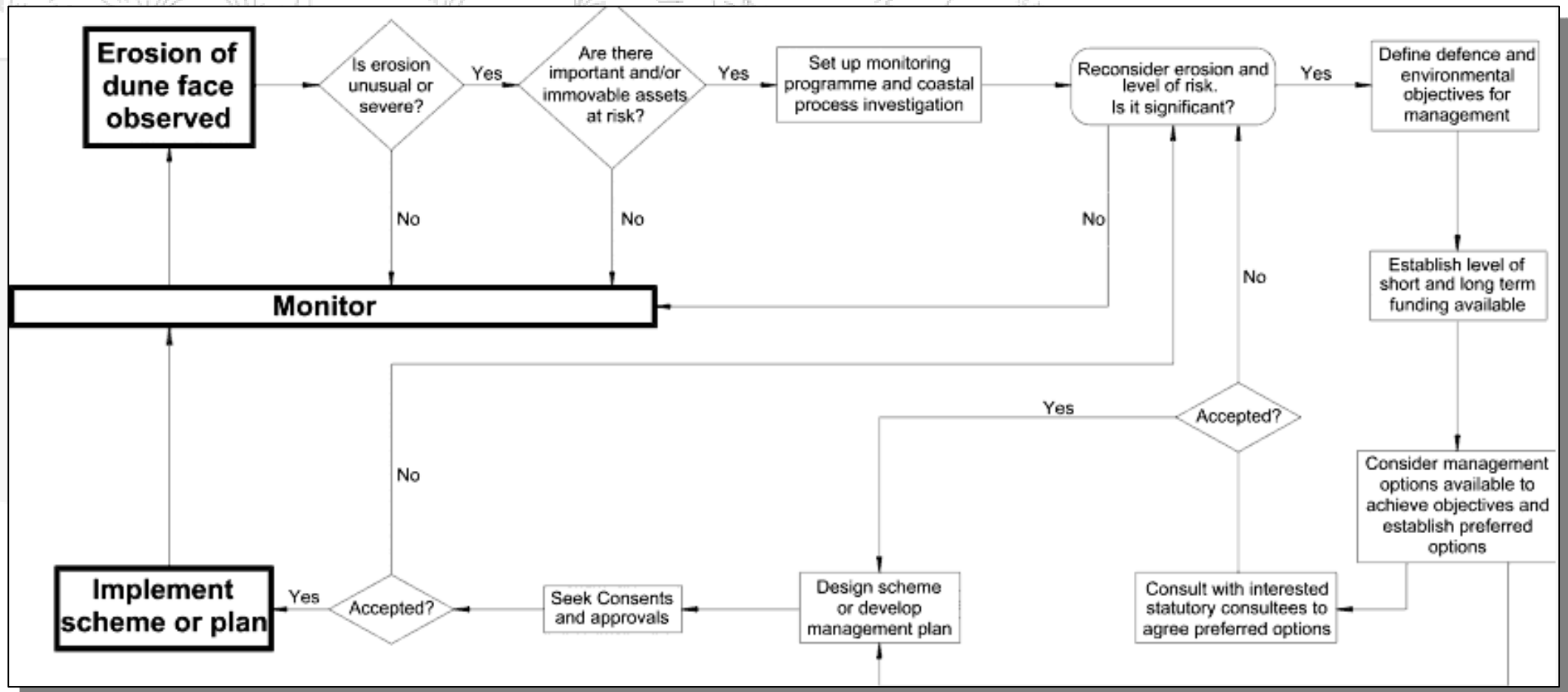


Figura - Pianificazione della gestione dune e diagramma di flusso di attuazione (da Scottish Natural Heritage, 2004)



Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

La tabella riassume le potenziali **risposte** a diverse situazioni di rischio generalizzato in base alla natura delle attività a rischio. La selezione di specifici approcci dipenderà dalle caratteristiche del sito.

Altri **fattori**, come i processi costieri, l'accesso al sito, la disponibilità di materiali e manodopera, l'accettabilità di un impegno di gestione a lungo termine, un uso ricreativo della zona, le risorse finanziarie e gli interessi di conservazione del sito potranno anche svolgere un ruolo nel processo decisionale.

Figura - Selezione di opzioni di gestione del litorale per sistemi spiaggia / duna basata su attività a rischio (da Scottish Natural Heritage, 2004)

Attività a rischio	Coste esposte		Estuari	
	approcci	costi indicativi per 100 ml in €	approcci	costi indicativi per 100 ml in €
Habitat e geomorfologie costiere	Non intervento od opere minori per migliorare la conservazione di sabbia (ad es. schermatura, piantumazione, ricopertura)	0 - 15.000	Come per le coste esposte	
Basso valore economico o breve vita residua (<5 anni) (ad esempio pascoli, aree di pregio, campi da golf e vie d'acqua navigabili, aree con esercitazioni militari, ecc)	Abbandonare o ricollocare le attività altrove (gestione adattativa), oltre a opere minori per ritardare le perdite di suolo (ad esempio schermatura, piantumazione, ricopertura)	0 - 15.000	Come per le coste esposte. Se la zona retrostante a rischio di inondazione è ampia, può essere necessario arginare le aree interne	0 - 15.000
Beni mobili o sostituibili (ad esempio roulotte, aree verdi, parcheggi, edifici turistici, ecc.)	Spostare o ricostruire le attività dell'entroterra (gestione adattativa), oltre a opere minori per ritardare l'inizio dello spostamento (ad esempio schermatura, piantumazione, ricopertura, spiaggia riciclata, sacchi di sabbia o rivestimenti in gabbioni)	0 - 45.000	Come per le coste esposte. Se la zona retrostante a rischio di alluvione è ampia, può essere necessario arginare le aree interne	0 - 45.000
Discreta attività, da moderato ad alto valore e vita residua da media a lunga (> 5 anni)	Gestione adattativa per il fronte principale, oltre a: - Promontori in pietrame o gabbioni; - Frangiflutti prossimi alla riva; - Scogliere artificiali, oltre a opere minori per ritardare l'erosione tra le strutture (ad esempio schermatura, piantumazione, ricopertura, spiaggia riciclata, rivestimenti in gabbioni).	30.000 - 180.000	- Promontori in pietrame o gabbioni; - Pennelli per deviare i flussi; - Opere minori aggiuntive per ritardare l'erosione tra le strutture (ad esempio schermatura, piantumazione, ricopertura, spiaggia riciclata, sacchi di sabbia o rivestimenti in gabbioni); - Possono anche richiedere terrapieni anti-alluvione all'interno se sono previste attività da proteggere su terre basse.	15.000 - 75.000

Figura - Selezione di opzioni di gestione del litorale per sistemi spiaggia / duna basata su attività a rischio (da Scottish Natural Heritage, 2004)

Attività a rischio	Coste esposte		Estuari	
	approcci	costi indicativi per 100 ml in €	approcci	costi indicativi per 100 ml in €
Moderato valore economico o vita residua media (5-25 anni) (bassa densità abitativa, strade, grandi aree attrezzate per roulotte, installazioni militari, etc)	<ul style="list-style-type: none"> - Serie di frangiflutti prossimi alla riva; - Pennelli in pietrame (su spiagge con sedimenti misti dove la deriva litoranea è attiva e l'erosione sotto costa non è un problema); - Ripascimento della spiaggia (con futuro rinalzo/riciclo, e possibilmente protetto con opere in pietrame o gabbioni); - Rivestimento in pietrame (gabbioni o legname se una durata di 10-15 anni è accettabile); - Opere minori aggiuntive per migliorare il paesaggio / habitat (ad esempio schermatura, piantumazione, ricopertura, riciclaggio). 	75.000 - 375.000	<ul style="list-style-type: none"> - Pennelli in pietrame per deviare il flusso (eventualmente con ripascimento della spiaggia e futura ricarica); - Dragaggio e riciclo dopo un regime di flusso sedimentario; - Rivestimento in pietrame o gabbioni; - Opere aggiuntive minori per ritardare le perdite da erosione tra le strutture (ad esempio schermatura, piantumazione, ricopertura, spiaggia riciclata, rivestimenti in gabbioni). 	30.000 - 150.000
Elevato valore economico e lunga vita utile residua (> 25 anni) (alta densità abitativa, ferrovie, strade principali, impianti industriali, centrali elettriche, ecc.)	Larghi rivestimenti in pietrame (eventualmente con pennelli e/o ripascimenti della spiaggia con future ricariche/ricicli), con aggiunta di opere minori per migliorare l'aspetto/habitat (ad esempio schermature, piantumazioni, ricoperture, riciclaggi)	150.000 - 600.000	Estesi gabbioni o rivestimenti in pietrame con pennelli per deviare i flussi (eventualmente con ripascimento della spiaggia e futura ricarica)	75.000 - 300.000

Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

La tabella permette di valutare i diversi impatti, costi e durabilità relativi ai diversi **interventi possibili**, aiutando il gestore nella scelta della soluzione più idonea al sito in questione.



Figura - Costi, durabilità e potenziali impatti ambientali connessi con gli interventi di gestione del litorale (da Scottish Natural Heritage, 2004)

OPZIONE	IMPATTI (1)				COSTI		DURABILITA'
	Habitat	Morfologia	Paesaggio	Processi	Investimento	Manutenzione (2)	Vita utile (3)
Gestione adattativa	■ ■	■ ■	■ ■	■	-	■	■ ■ ■ ■ ■
Piantumazione	■	■	■	■	■	■ ■ ■	■
Ricopertura	■	■	■	■	■	■ ■ ■	■
Schermatura	■	■	■ ■	■	■	■ ■ ■	■
Riciclaggio della spiaggia	■ ■	■	■	■	■ ■	■ ■ ■	■
Strutture in sacchi di sabbia	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■	■ ■
Drenaggio della spiaggia	■	■	■	■ ■	■ ■ ■	■ ■	■
Ripascimento	■ ■	■	■	■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■
Rivestimento in gabbioni (4)	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■
Promontori artificiali	■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■	■ ■ ■
Scogliere artificiali	■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■	■ ■ ■
Frangiflutti prossimi alla riva	■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■	■ ■ ■
Pennelli	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■	■ ■ ■
Rivestimenti in pietrame (4)	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■ ■ ■ ■ ■
Rivestimenti in legname (4)	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■ ■ ■
Rivestimenti impermeabili / Muri a mare	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■	■ ■ ■ ■

Legenda

(■ = basso, ■ ■ ■ ■ ■ = alto)

1. Impatti al di là della durata dell'intervento
2. Costi di manutenzione in relazione ai costi di investimento (per mantenere le prestazioni di progettazione)
3. Durata delle prestazioni senza manutenzione
4. Se coperti da sabbia sul fronte dunale gli impatti relativi a queste soluzioni sono minori e la durabilità è maggiore; i costi di investimento possono essere maggiori, ma i costi di manutenzione saranno minori

Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

Tutti i sistemi di gestione delle dune dovrebbero osservare i seguenti indirizzi al fine di massimizzare la probabilità di successo e di ridurre al minimo gli impatti sull'ambiente naturale e umano.

- Ogni sito soggetto ad erosione dunale deve essere considerato **indipendentemente**, con approcci di gestione su misura per il sito specifico.
- Una politica di "**gestione adattativa**" (opzione 1) dovrebbe essere considerata per tutti i siti prima che siano valutate altre opzioni.
- Un lavoro non deve essere intrapreso prima che il sistema spiaggia-duna e i processi di geomorfologia costiera siano stati controllati nell'arco di diversi anni e sia stato stabilita una ragionevole **comprensione** dell'ambiente fisico e naturale. Risposte affrettate all'erosione possono rivelarsi sia inutili che dannose.

Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

- Nessun lavoro a carattere **permanente** dovrebbe essere intrapreso a meno che siano a rischio attività importanti inamovibili o insostituibili.
- Gruppi di **interesse locali**, come ad esempio proprietari terrieri, associazioni pro-natura, associazioni di pesca e fruitori turistici, dovrebbero essere consultati preventivamente per garantire una visione ampia del litorale e della zona limitrofa, prima di attuare un particolare approccio di gestione.
- Un esame deve sempre essere dedicato agli **eventi meteorologici ed ondametrici estremi** sia a lungo termine che a medio e breve termine per determinare l'aspettativa di vita di tutte le operazioni.
- Vanno anche considerate le conseguenze del **fallimento**, come i detriti dispersi lungo la spiaggia, i rischi per la sicurezza pubblica, la perdita di accesso turistico, il degrado del paesaggio, ecc.

Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

- Il lavoro dovrebbe essere pianificato e programmato per limitare i danni agli **ecosistemi** fragili e al turismo sostenibile. È opportuno prendere in considerazione la vegetazione, la nidificazione e la migrazione degli uccelli, gli invertebrati, la pesca, l'accesso del pubblico, i livelli di rumore e la sicurezza pubblica.
- Tutto il personale in loco deve essere reso consapevole della necessità di un attento lavoro **preventivo** al fine di evitare **danni** ambientali, e per evitare **pericoli** connessi con i fronti ripidi e instabili delle dune.
- Una gestione temporanea o permanente delle **vie di accesso** ai versanti dunali, per materiali, attrezzature e mano d'opera, deve essere pianificata e realizzata in modo da ridurre al minimo i danni da calpestio alle dune e da limitare la formazione di buche.

Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

- **Camminamenti** o altre superfici temporanee dovrebbe seguire il naturale contorno delle dune piuttosto che tagliarle con linee rette esponendole al rischio di erosione eolica. Delle **schermature** dovrebbero essere utilizzate per stabilizzare la sabbia adiacente al percorso.
- **Vie di accesso pubblico** alla spiaggia devono essere chiaramente definite e recintate, se necessario, per evitare che con il calpestio possano portare a buche.
- **Cartelli educativi** posti in zone retrostanti le aree di parcheggio auto o lungo i sentieri dovrebbero essere utilizzati per spiegare i sistemi di gestione, incoraggiare l'interesse del pubblico e supportare gli obiettivi di gestione.

Ingegneria Naturalistica costiera

Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

- **Segnali di avvertimento** dovrebbero essere installati mettendo in evidenza i pericoli di instabilità delle superfici dunali, qualsiasi lavoro di costruzione in corso o qualsiasi altro pericolo connesso con la gestione del sistema (fessure nelle strutture in roccia, la crescita di alghe scivolose, difese sepolte, strutture sommerse, depositi di fango, ecc.).
- Un progetto di successivo **monitoraggio** dovrebbe essere effettuato almeno ogni due anni per valutare l'evoluzione della spiaggia-duna e il successo dell'intervento in relazione agli obiettivi.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

1. GESTIONE ADATTATIVA

Luoghi appropriati:	Località con basso valore, la vita attesa scaduta o beni del retrospiaggia mobilizzabili
Costi:	Dipende dai beni del retrospiaggia
Efficacia:	A breve termine perdita dei beni, ma altamente sostenibile nel medio-lungo termine
Vantaggi:	Consente processi naturali per continuare con i possibili vantaggi strategici sviluppati su zone adiacenti. Nessun costo di gestione in corso.
Problemi:	I beni di retrospaggia sono persi o spostati, spesso causando conflitti a causa di diverse percezioni di valori

Figura - *Difendere o adeguarsi?* (da F. Boccalaro, 2008)



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

Molti casi di erosione delle dune possono essere meglio gestiti non interferendo con i processi naturali, ma invece **accettando** che si verifichi l'erosione e adeguando la gestione del retrospiaggia di conseguenza. Questo approccio implica il trasferimento e il monitoraggio dei costi, ma questi possono essere notevolmente inferiori ai costi di protezione.

La gestione adattiva dovrebbe essere considerata **in tutti i siti** prima di considerare una qualsiasi delle altre opzioni descritte in queste linee guida.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

La **gestione adattativa** riduce al minimo le interferenze con i processi naturali e gli ecosistemi di un sistema di dune in evoluzione. Anche se potrebbe essere adottato un rigoroso approccio di **non intervento**, può spesso essere opportuno attuare a breve termine le opere per gestire e riparare l'erosione connessa a mareggiate, all'interno di una politica di più lungo termine di adattamento controllato.

Monitoraggio, consultazione e istruzione sono al centro della gestione adattativa. La costa deve essere continuamente valutata con l'ausilio di dati raccolti sul sito, in combinazione con qualsiasi dato disponibile storico o pubblicato. Il **monitoraggio** consentirà di rivedere di volta in volta la politica di gestione. Gli impatti della politica di turismo, dell'uso del suolo e degli *habitat* dovrebbero essere monitorati.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

È necessaria la **consultazione** per valutare i valori connessi con il retroduna, e di sviluppare un consenso su come affrontare le attività.

Questo processo è saldamente collegato con l'**istruzione**, che richiede al gestore di definire le questioni di fondo in un linguaggio che può essere facilmente apprezzato da coloro che sono interessati.

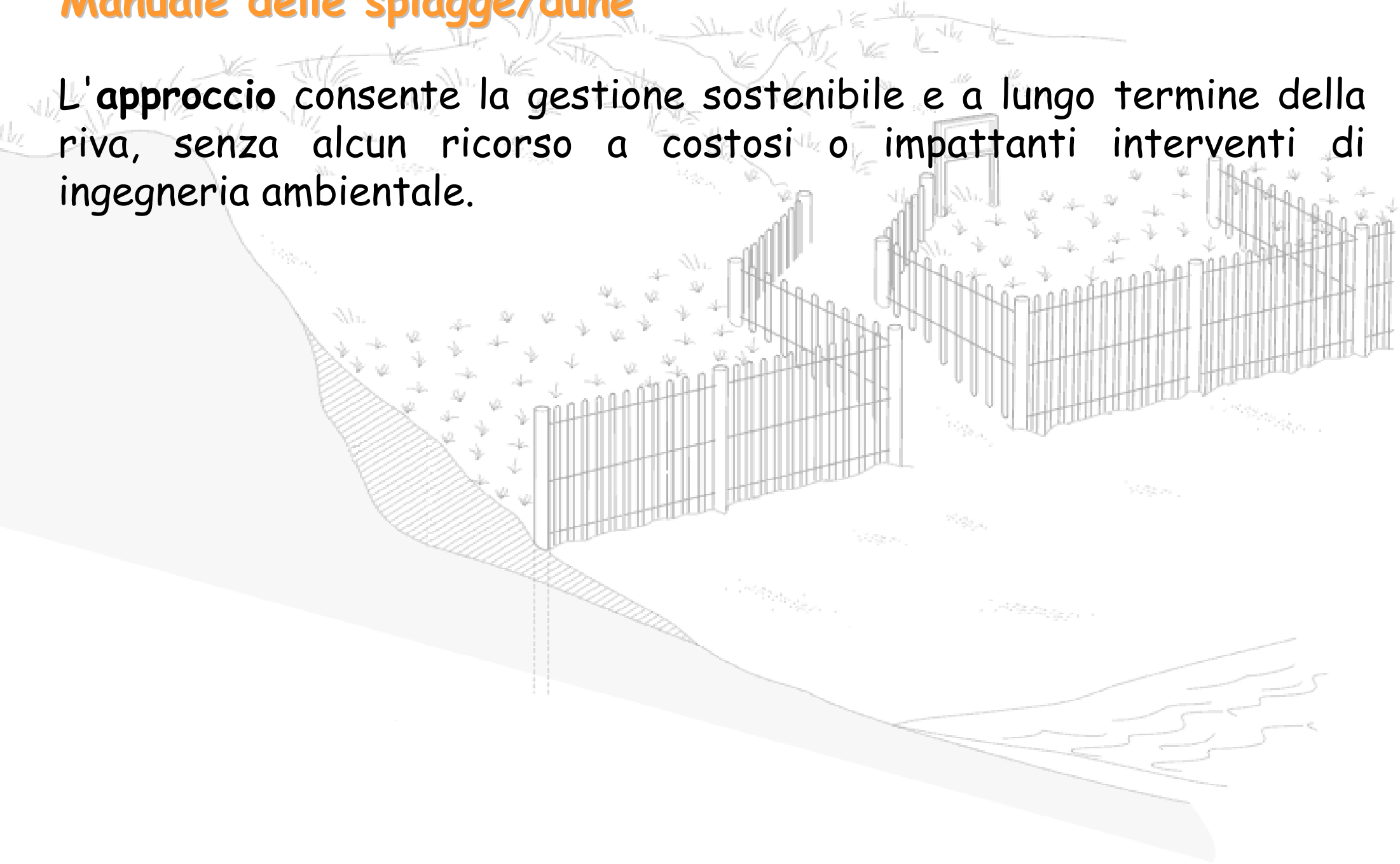
I responsabili per la gestione dell'erosione delle dune dovrebbero essere consapevoli del potenziale **pericolo** per il pubblico di un collasso delle dune al fronte. Esistono pericoli sia di cadere giù sul fronte sia di essere sepolto presso la base. Segnali da installare lungo la cresta e in punti di accesso al pubblico dovrebbero costituire il minimo di risposta a questi pericoli.

La gestione adattativa dovrebbe essere integrata con la **pianificazione territoriale** e la gestione ambientale su una superficie che può estendersi ben al di là delle dune più avanzate.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

L'approccio consente la gestione sostenibile e a lungo termine della riva, senza alcun ricorso a costosi o impattanti interventi di ingegneria ambientale.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

2. PIANTAGIONE ERBACEA SU DUNA

Luoghi appropriati:	Al di sopra del normale limite di frangimento dell'onda in qualsiasi posizione con disponibilità di sabbia trasportata dal vento. Improbabile la riuscita dove l'erosione è grave.
Costi:	Bassi, ma con alta intensità di lavoro in corso di gestione (€ 250 - € 2.500/100m lunghezza per ogni visita).
Efficacia:	Valorizzazione nel recupero delle dune. Il serbatoio di sabbia trattenuto dalle piante fornirà una amplificazione alla resistenza all'erosione da mareggiate.
Vantaggi:	Adatto ai sistemi naturali. Può essere utilizzato per migliorare le altre opzioni di gestione. Tendenzialmente si autosostiene.
Problemi:	Normalmente richiede una schermatura o copertura delle dune per raggiungere il successo. Può essere completamente perso per erosione da mareggiata.

Figura - *Trapianto specie erbacee* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

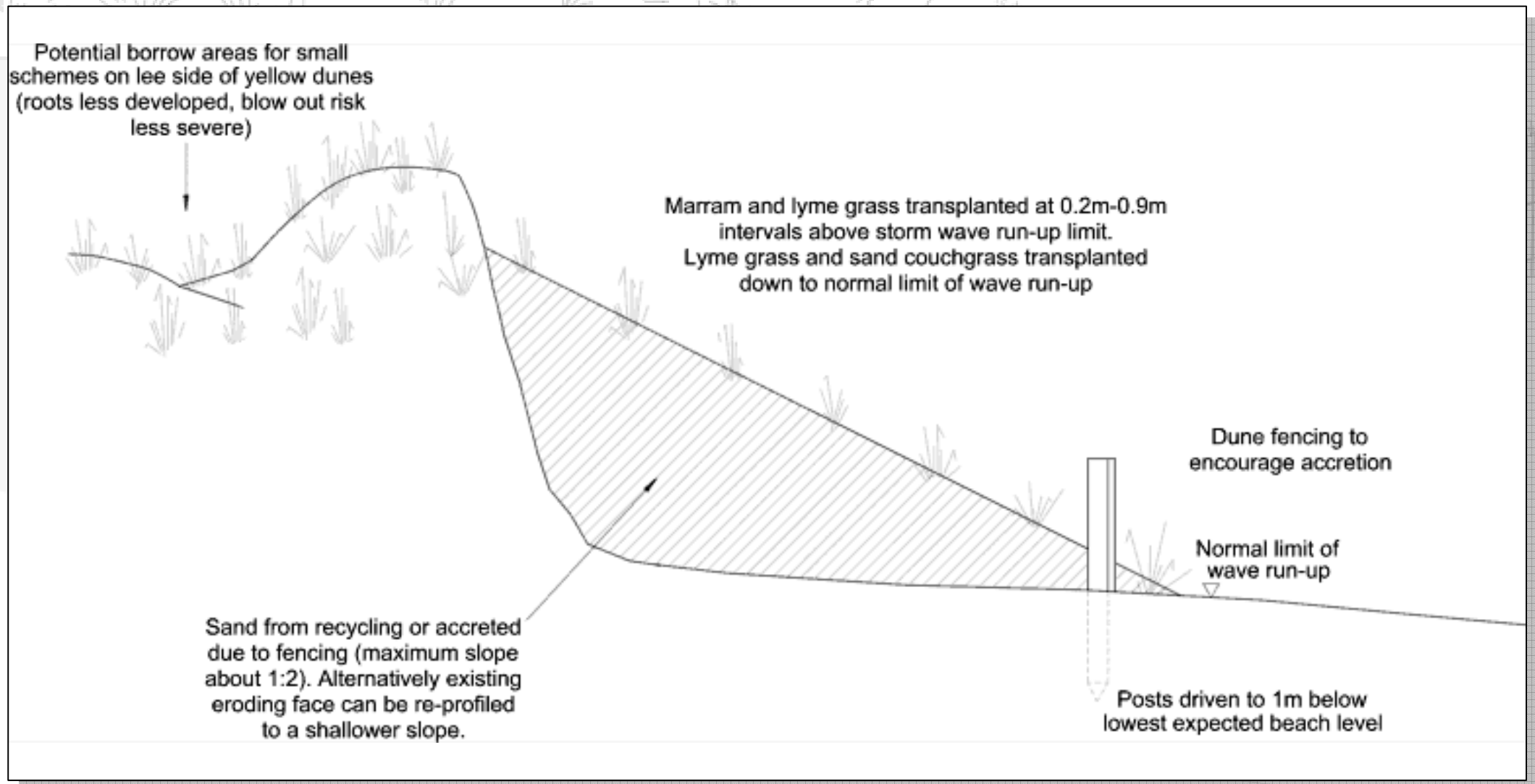


Figura - *Piantumazione di Ammofila e Tamerice a San Rossore (F. Boccalaro, 2008)*



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

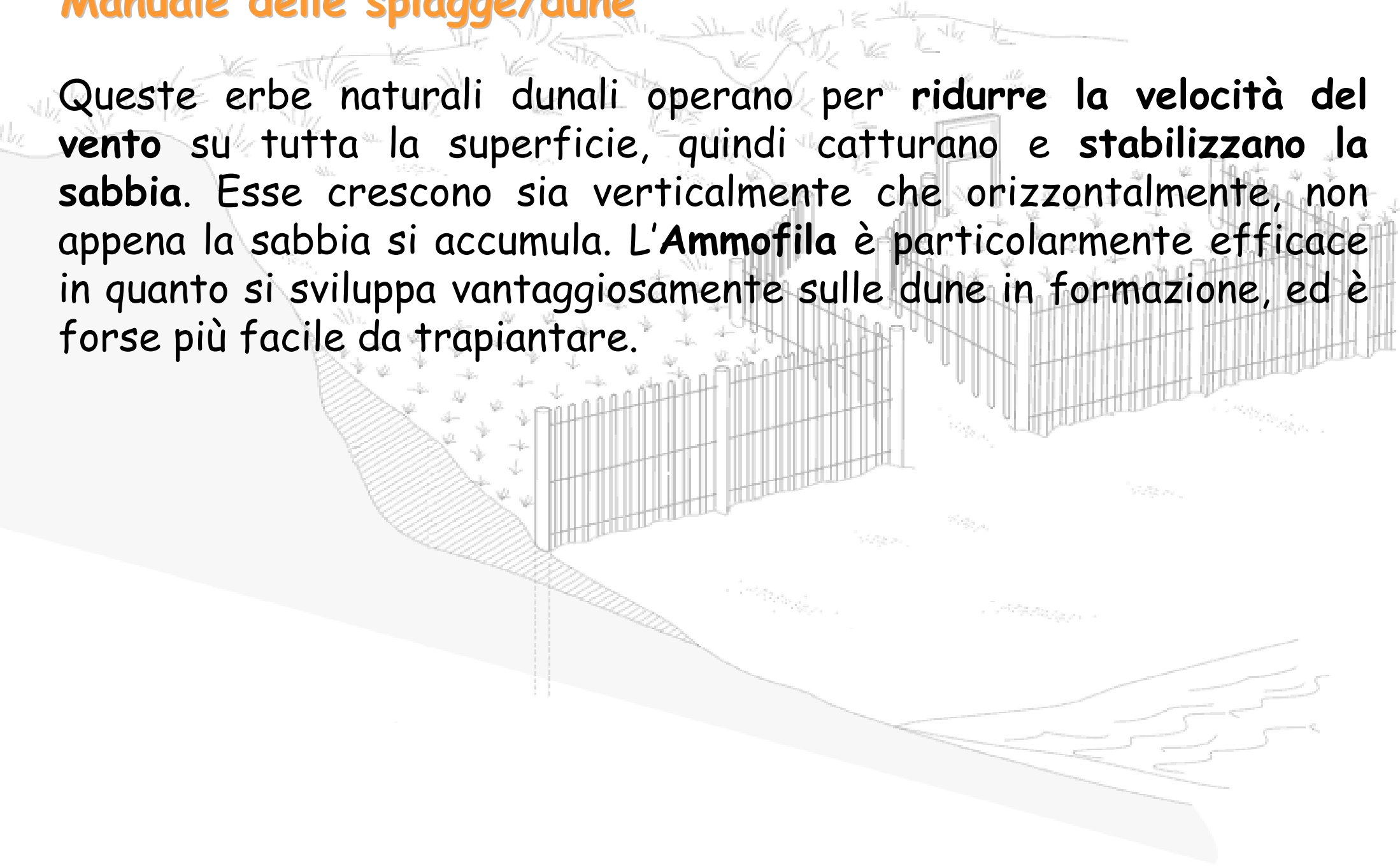
Descrizione generale

La vegetazione favorisce la crescita dunale intrappolando e stabilizzando la sabbia trascinata dal vento. Il trapianto di **Ammofile** (*Ammophila arenaria*) a fronte di dune in erosione rafforzerà il naturale sviluppo delle dune al di sopra del limite di attacco diretto dell'onda. La Gramigna delle sabbie (*Elymus farctus*) o l'Orzo delle sabbie (*Leymus arenarius*) possono essere trapiantate per favorire la crescita di nuove dune avanzate lungo il bordo di dune esistenti, in quanto queste specie sono tolleranti a occasionali inondazioni di acqua di mare. Piantine di erbe da sementi possono essere utilizzate, ma di solito non hanno successo in ambienti di dune mobili.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Queste erbe naturali dunali operano per ridurre la velocità del vento su tutta la superficie, quindi catturano e stabilizzano la sabbia. Esse crescono sia verticalmente che orizzontalmente, non appena la sabbia si accumula. L'**Ammofila** è particolarmente efficace in quanto si sviluppa vantaggiosamente sulle dune in formazione, ed è forse più facile da trapiantare.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

La nuova vegetazione che ricopre una perdita di fronte delle dune innescherà il recupero senza danneggiare gli interessi ecologici e geomorfologici o le qualità estetiche del litorale. L'approccio è potenzialmente di **auto-sostentamento** se le piante diventano ben consolidate.

Il **trapianto** e la relativa **schermatura** delle dune può migliorare l'aspetto e l'accettabilità ambientale delle difese costiere tradizionali che altrimenti potrebbero svalutare il paesaggio dunale.

In aggiunta a questi orientamenti generali ci sono le seguenti **specifiche** di piantumazione di specie erbacee sulle dune:

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Ulteriori indicazioni dettagliate sul trapianto sono disponibili su diverse **pubblicazioni** tra cui la BTCV "Manuale dune di sabbia" (1996).
- Il trapianto dovrebbe includere solo quelle specie che sono **autoctone** del sito, per mantenere il naturale ecosistema.
- I sistemi di trapianto devono essere continuamente **seguiti** per ottenere una vigorosa crescita e per riparare danni naturali o umani.
- **Riprofilature, ricoperture o recinzioni** sono normalmente associati all'impianto per migliorare il recupero della duna e per limitare l'accesso del pubblico o danni al materiale vegetale.
- Il trapianto deve essere effettuato in **primavera** al fine di massimizzare il potenziale di crescita e ridurre al minimo il rischio di erosione da mareggiata.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

3. COPERTURA DUNA

Luoghi appropriati:	Al di sopra del normale limite di frangimento dell'onda in qualsiasi posizione con disponibilità di sabbia trasportata dal vento. Improbabile la riuscita dove l'erosione è grave.
Costi:	Bassi, ma ad alta intensità di manodopera e richiede una costante manutenzione. (€ 250 - € 2.500/100 m in lunghezza per ogni visita più costo di trapianto e di manutenzione annuale).
Efficacia:	Valorizzazione nel recupero naturale delle dune. Modesta resistenza all'erosione da mareggiate, incrementata dalla vegetazione da trapianto.
Vantaggi:	Minimo impatto per i sistemi naturali. Tutti i materiali sono naturali, degradabili e a basso costo.
Problemi:	Senza manutenzione la ricopertura durerà non più di 1 anno. I materiali sono spesso utilizzati per costruire falò.

Figura - *Copertura dune con specie autoctone (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

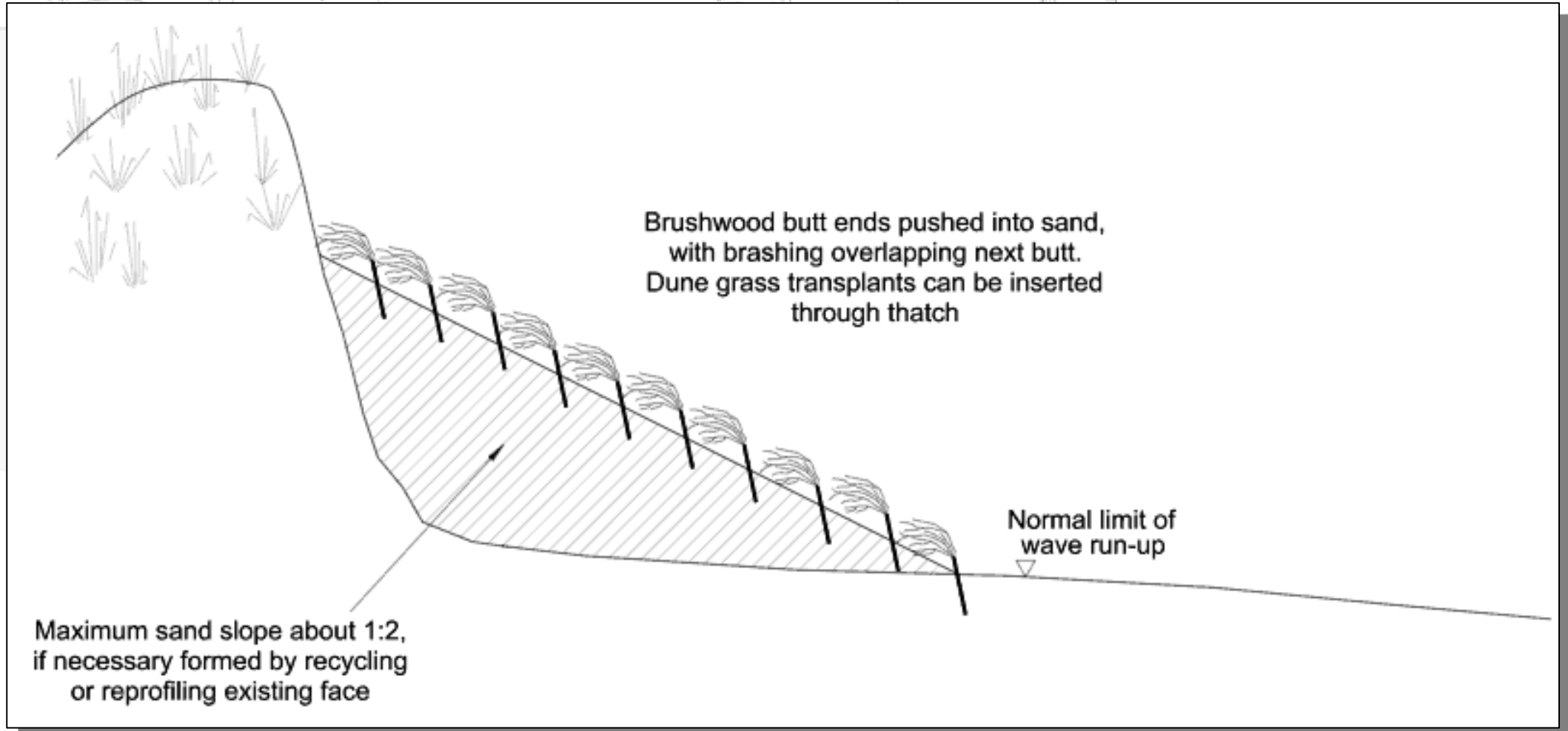


Figura - *Ricopertura con banquette di Posidonia alla foce del Coghinas*
(da F. Boccalaro, 2005)



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

Ricoprire le superfici esposte di dune o le buche utilizzando **scarti** da tagli di gestione forestale, o altri materiali a basso costo, è un modo tradizionale di stabilizzare la sabbia, riducendo il calpestio e proteggendo la vegetazione.

I materiali sono a **basso costo** se disponibili a livello locale e non richiedono macchinari o manodopera qualificata per raggiungere il successo, ma la continua **manutenzione** è importante.

L'intervento è normalmente effettuato con **specie erbacee dunali** di impianto per favorire la stabilità delle dune.

I materiali di riempimento sono spesso **rimossi** per falò dagli utenti della spiaggia.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

L'accesso del pubblico attraverso le dune e il calpestio della vegetazione possono essere controllati a basso costo con la ricopertura.

Gli scarti da interventi forestali, i disboscamenti lungo le scarpate stradali e le piante da vivaio inutilizzabili possono essere utilizzati vantaggiosamente.

La rivegetazione delle dune associata contribuirà a stabilizzare il retroduna e estenderà l'*habitat* della duna. La ricopertura è a **basso costo** e i materiali sono degradabili in modo che un eventuale fallimento non mette a repentaglio a lungo termine gli interessi ambientali.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

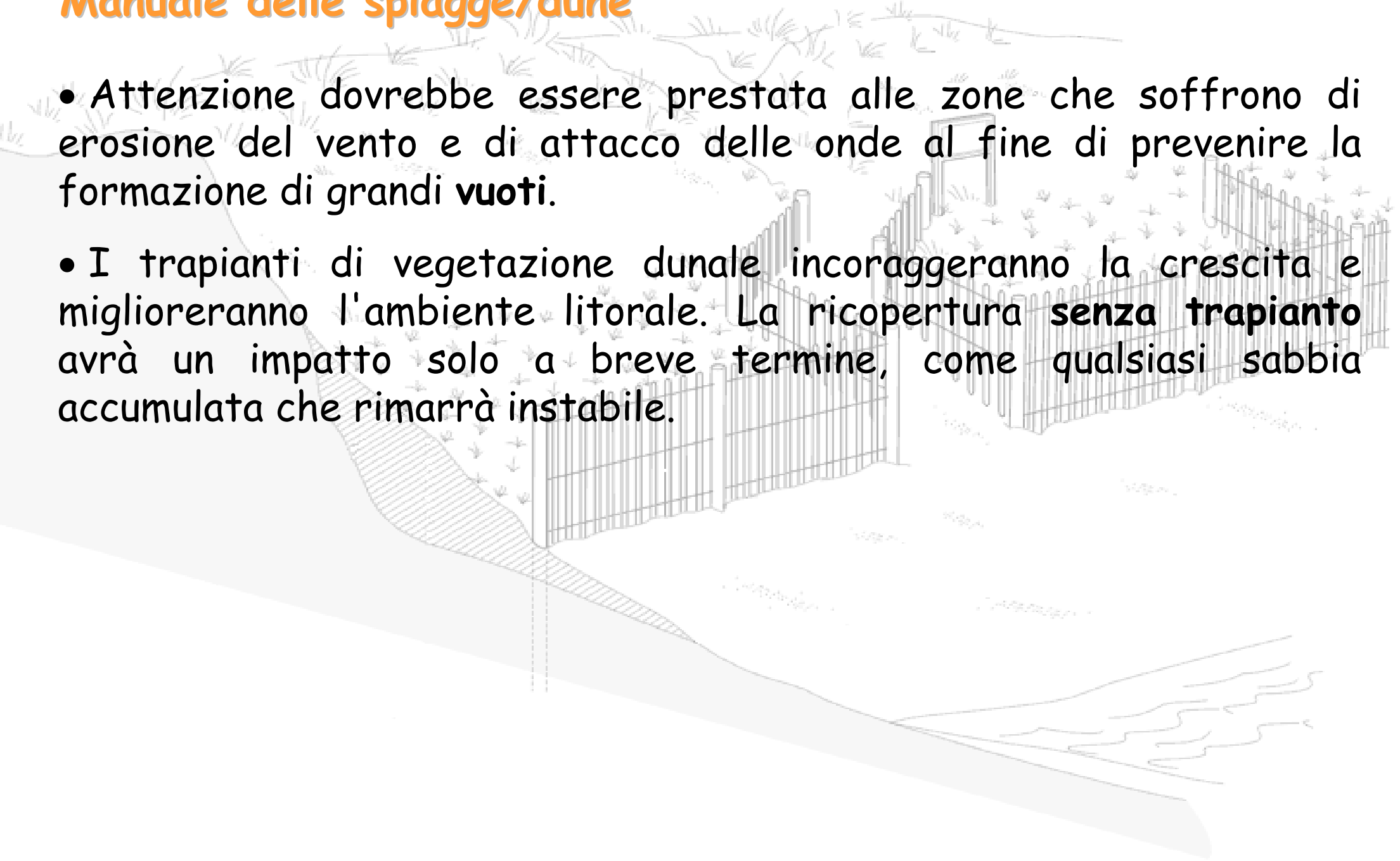
In aggiunta a questi orientamenti generali ci sono i seguenti suggerimenti di specifica importanza per la ricopertura delle dune:

- Ulteriori linee guida dettagliate sulla ricopertura delle dune sono disponibili presso diverse **pubblicazioni** tra cui la BTCV "Manuale delle dune di sabbia".
- La ricopertura deve essere regolarmente **mantenuta** per ottimizzare l'efficacia e per ridurre al minimo l'impatto sull'uso pubblico e il *comfort* visivo.
- I materiali devono essere degradabili e non dovrebbero introdurre semi alloctoni, talee vive o inquinanti che possono danneggiare l'ecologia della duna. L'**olivello spinoso** (*Hippophae rhamnoides*) è una particolare specie invasiva e deve essere evitata come materiale di ricopertura se ci sono particolari preoccupazioni per il mantenimento della distribuzione delle specie locali dunali.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Attenzione dovrebbe essere prestata alle zone che soffrono di erosione del vento e di attacco delle onde al fine di prevenire la formazione di grandi vuoti.
- I trapianti di vegetazione dunale incoraggeranno la crescita e miglioreranno l'ambiente litorale. La ricopertura **senza trapianto** avrà un impatto solo a breve termine, come qualsiasi sabbia accumulata che rimarrà instabile.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

4. SCHERMATURA DUNE

Luoghi appropriati:	Sopra del limite normale di risalita dell'onda in qualsiasi posizione con disponibilità di sabbia accumulata. Improbabile la riuscita dove l'erosione è grave.
Costi:	Basso, ma richiede manutenzione in corso d'opera (€ 500 - € 2.500/100m di lunghezza al fronte, più i costi di trapianto e di riparazione in corso d'opera).
Efficacia:	Accessorio al recupero delle dune naturali. Limitata resistenza all'erosione da mareggiata. Rafforzata dal trapianto di vegetazione.
Vantaggi:	Un impatto minimo sul sistema naturale. Può essere utilizzato per controllare l'accesso del pubblico e per migliorare altri sistemi.
Problemi:	Le recinzioni danneggiate e i detriti accumulati possono essere sgradevoli. Le recinzioni hanno bisogno di una manutenzione regolare e hanno una durata massima di circa 5 anni a seconda del materiale, della frequenza delle mareggiate e dei vandalismi.

Figura - *Accorgimenti protettivi di rivegetazioni su dune (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

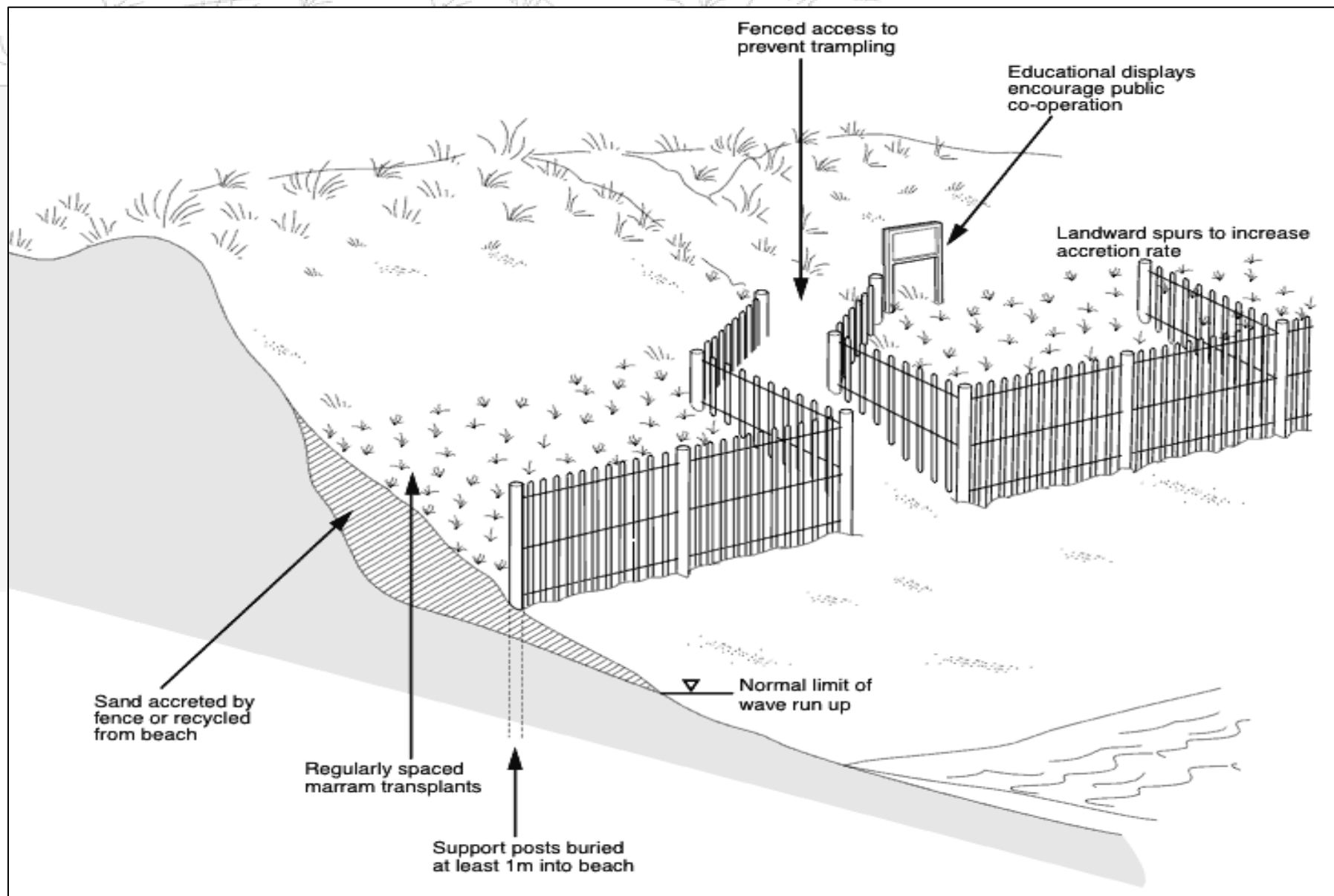
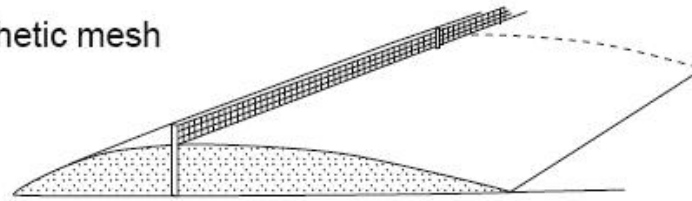


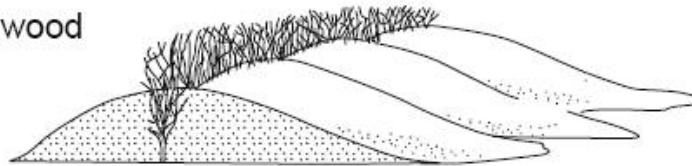
Figura - *Accorgimenti protettivi di rivegetazioni su dune (da Brooks & Agate, 2005)*

Synthetic mesh



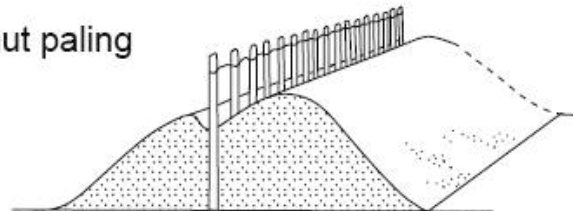
creates wide shallow even dune

Brushwood



creates steeper dune with irregularities due to variation in brushwood density

Chestnut paling



creates steepest dune, with notch, caused by scour around pales

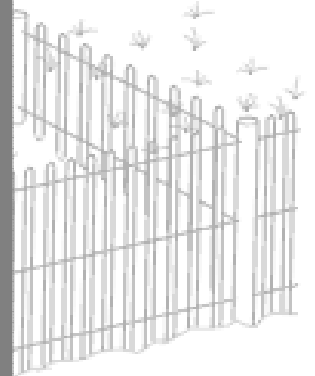


Figura - *Protezione di dune a cala s'Amarador a Maiorca (da F. Boccalaro, 2007)*

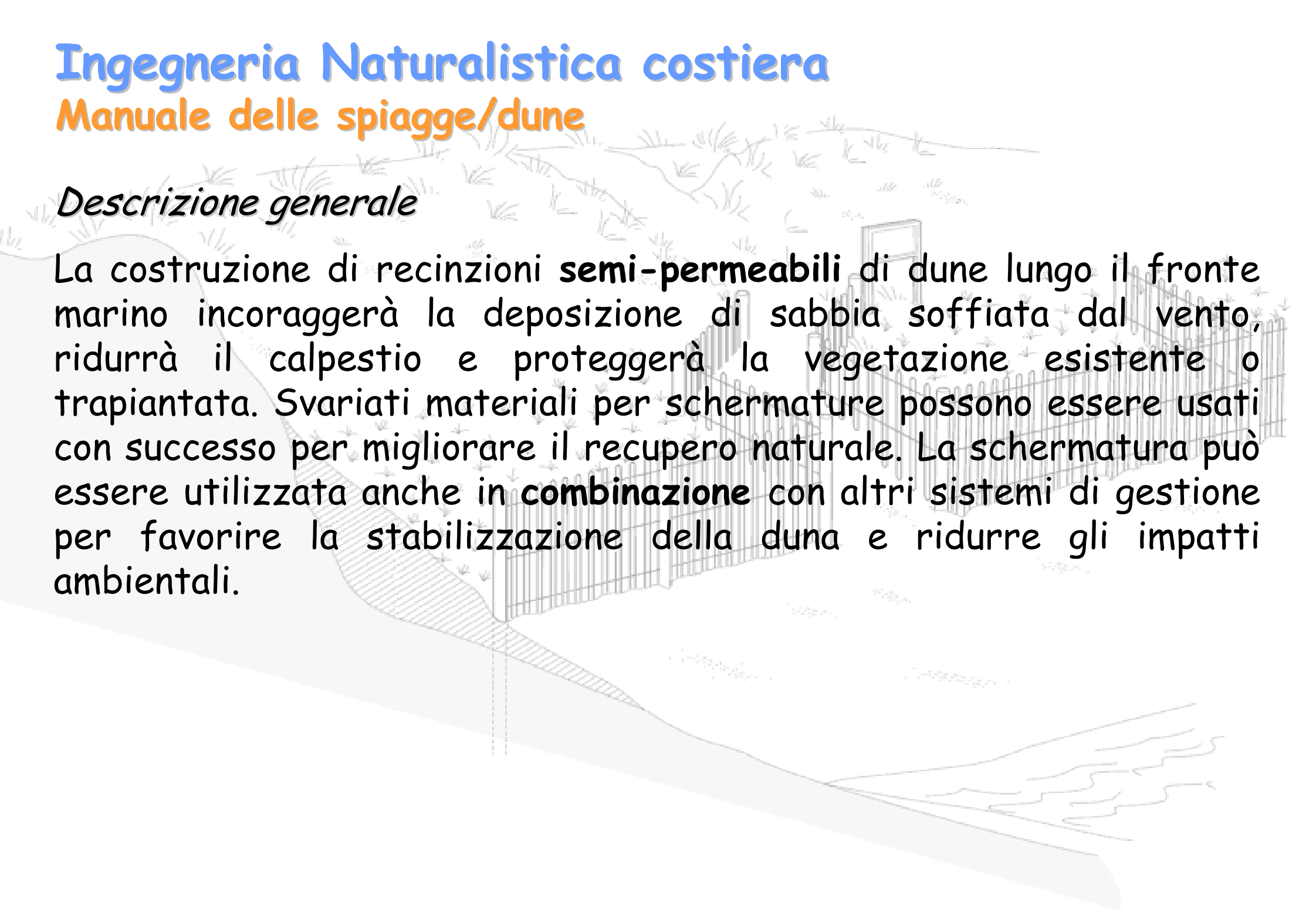


Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

La costruzione di recinzioni **semi-permeabili** di dune lungo il fronte marino incoraggerà la deposizione di sabbia soffiata dal vento, ridurrà il calpestio e proteggerà la vegetazione esistente o trapiantata. Svariati materiali per schermature possono essere usati con successo per migliorare il recupero naturale. La schermatura può essere utilizzata anche in **combinazione** con altri sistemi di gestione per favorire la stabilizzazione della duna e ridurre gli impatti ambientali.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

Le **schermature** lungo la sommità delle dune consentono di controllare l'accesso del pubblico e riducono il calpestio della vegetazione lungo il bordo delle dune esposto al mare. La schermatura e l'associato trapianto di vegetazione possono contribuire a **stabilizzare l'avanduna** ed estenderanno l'*habitat* della duna. Essi possono anche migliorare l'aspetto di altre forme di opere di difesa che altrimenti potrebbero svalutare il paesaggio costiero.

In aggiunta a questi orientamenti generali ci sono i seguenti **suggerimenti** di specifica importanza per la **schermatura delle dune**:

- Ulteriori indicazioni dettagliate sulla schermatura delle dune sono disponibili su varie **pubblicazioni** tra cui la BTCV "Manuale di dune di sabbia".

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Schermature sintetiche in **colori brillanti** dovrebbero essere evitate per ridurre al minimo l'impatto visivo sul paesaggio.
- Materiali **sintetici** non degradabili dovrebbero essere **evitati** in aree che potrebbero essere pesantemente colpite dalle mareggiate, in quanto qualsiasi materiale portato via dalle onde può diventare un pericolo per i bagnanti, la navigazione e la vita marina.
- Una regolare **manutenzione** deve essere effettuata per riparare le recinzioni e rimuovere rifiuti o sgradevoli detriti che possono accumularsi lungo la recinzione
- Il **rapporto vuoto/pieno** per ogni materiale da recinzione dovrebbe essere compreso tra 30% e 50% per ottenere un'efficace accumulo di sabbia.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Il **trapianto di vegetazione** favorirà lo sviluppo della duna e migliorerà l'ambiente del litorale. La schermatura senza trapianto avrà un impatto solo a breve termine in quanto qualsiasi accumulo di sabbia rimarrà instabile.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

5. SPIAGGIA DI RICICLAGGIO E DI RIPROFILATURA

Luoghi appropriati:	Tutte le località, comprese quelle con sabbia eolica limitata per il recupero naturale.
Costi:	Da basso a moderato, ma richiede una manutenzione costante (€ 1.250 - € 25.000 / 100m di lunghezza, più schermatura, trapianto, ecc., con analoghi costi ripetuti).
Efficacia:	Difesa contro l'erosione a breve termine, e valorizzazione del recupero del paesaggio naturale. Moderata resistenza a particolari mareggiate. È rafforzata da schermature e trapianto di vegetazione, e può essere utilizzata con successo per occultare opere di difesa "pesanti".
Vantaggi:	Accelera il recupero naturale dell'avanduna e fornisce una difesa a breve termine contro forti mareggiate.
Problemi:	Rimuove materiale da altri siti, eventualmente trasferendo l'erosione o il danno ambientale su un altro fronte. Può introdurre detriti spiaggiati, sedimenti e/o organismi vegetali non autoctoni, potenzialmente dannosi all'ecologia locale.

Figura - *Ripascimento di dune con riporti di sabbia (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

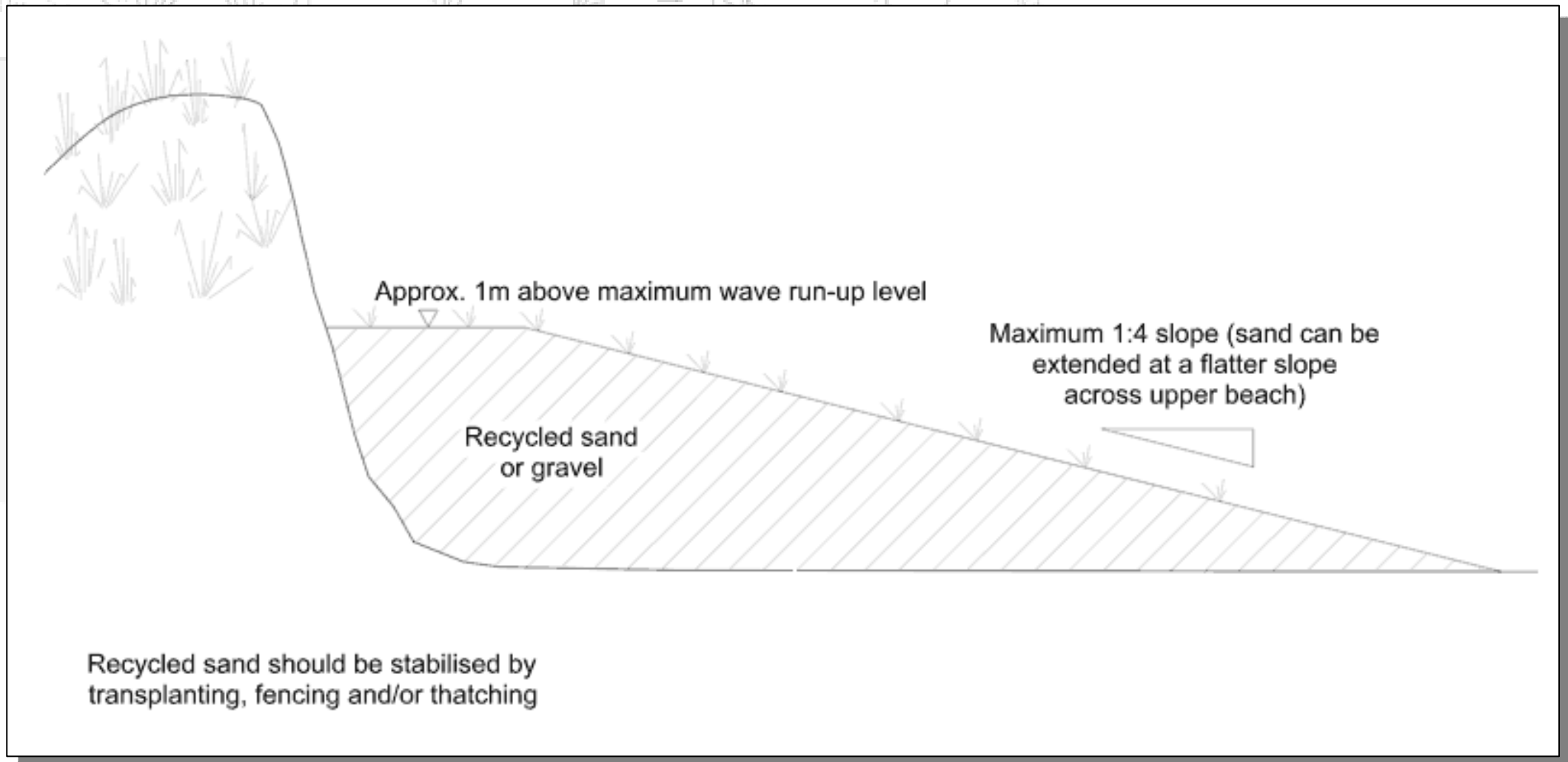


Figura - *Rinforzo dei cordoni dunali alla foce del Po di Goro (da U.Simeoni, 2003)*

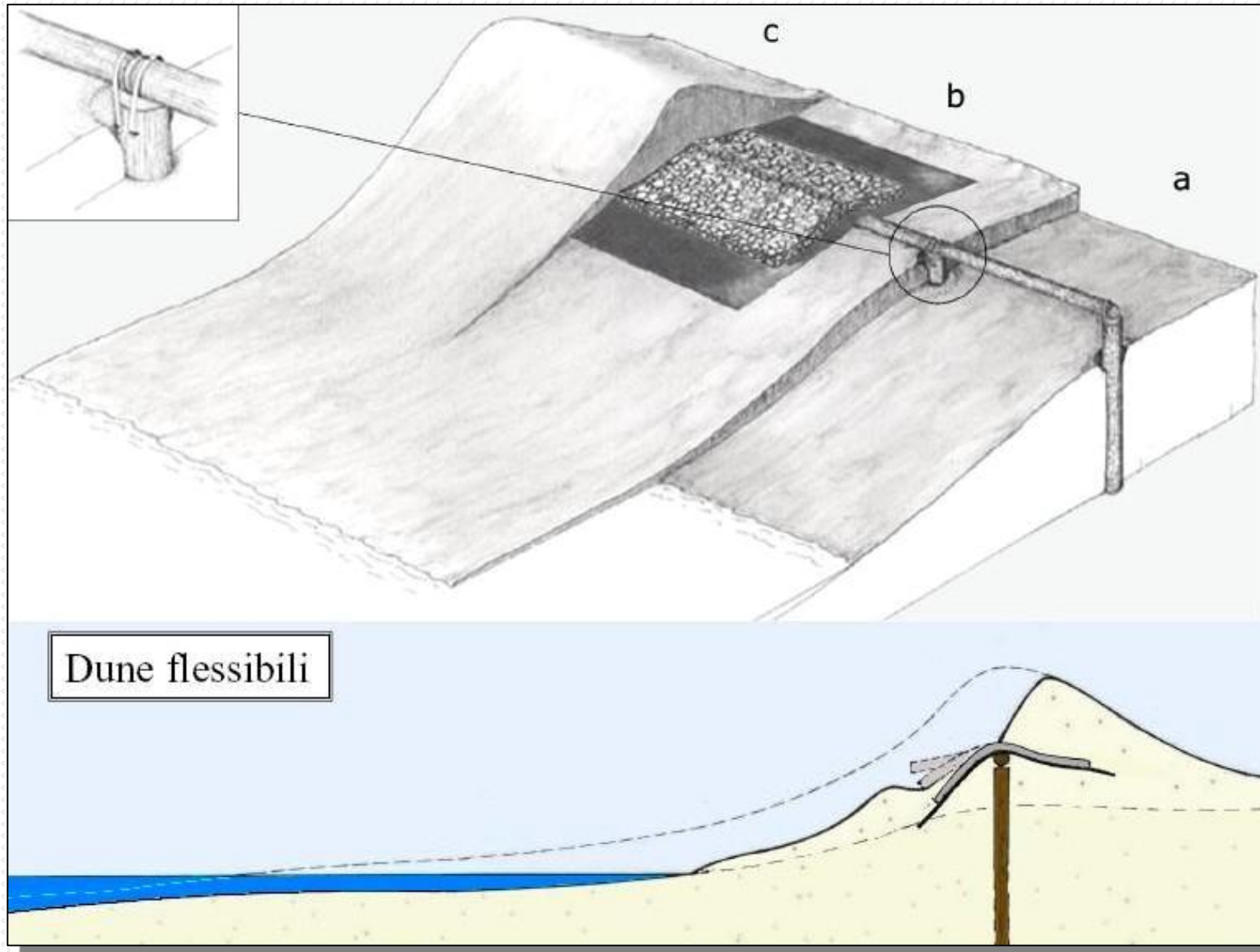


Figura - *Ricostruzione di dune con rinforzi in legname* (da A. Tinelli, 2001)



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

Il **riciclo** è il trasferimento meccanico di sabbia, ghiaia o addirittura massi da una zona di accrescimento ad una zona di erosione. Normalmente, il riciclaggio dovrebbe essere intrapreso a livello locale, con sedimenti prelevati da un crinale contiguo, dalla spiaggia più bassa o da una barra da estuario, e trasportati, a breve distanza, su una superficie dunale in erosione o su uno smottamento. In alternativa, la zona donatrice può essere l'entroterra se la sabbia si è dispersa su strade o in altre aree dove non è gradita e da dove può essere recuperata.

La **riprofilatura** è una tecnica alternativa, e di solito si riferisce al trasferimento diretto di materiale dalla spiaggia più bassa a quella più alta o, occasionalmente, al trasferimento di sabbia dalla base della duna alla sommità.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Se **grandi strutture**, come i moli frangiflutti portuali o i pennelli alle foci fluviali, attraversano la spiaggia, allora possono accumularsi dei sedimenti sul lato sopraflutto. Questo materiale può essere restituito alla spiaggia in direzione sopraflutto, o può essere meccanicamente aggirato intorno alla struttura per alimentare la spiaggia sottoflutto.

Il riciclaggio di sabbia o di ghiaia può essere intrapreso per risolvere piccoli problemi di erosione, come **smottamenti**, oppure può essere utilizzato per ricostruire lunghi tratti di spiaggia emersa. L'utilizzo di **massi** di solito è limitato a piccole quantità da utilizzarsi lungo il fronte della spiaggia per fornire una temporanea armatura lungo un piccolo tratto di duna soggetto a modesta erosione.

Se il materiale è prelevato da un luogo che non appartiene al sito in erosione l'intervento è chiamato come **ripascimento** di spiaggia o ricarica (Voce 7).

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

Il riciclaggio consente di migliorare il naturale **recupero** delle dune in erosione e di fornire una più ampia attività ricreativa per la spiaggia. L'aspetto iniziale artificiale della spiaggia superiore e della superficie della duna sarà rapidamente trasformato dal vento, dalle onde e dalla vegetazione in una forma più naturale.

Il riciclaggio può essere **combinato** con la schermatura, la ricopertura e il trapianto per favorire lo sviluppo di nuove dune mobili ed estensioni di *habitat* dunali. Opere di difesa elevate costruite sulla superficie della spiaggia possono essere sepolte da materiale riciclato, seguito da trapianti vegetazionali e da schermature, per creare un litorale molto più naturale.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

In aggiunta a questi orientamenti generali ce ne sono, qui di seguito, altre di **specific**a importanza per il riciclo della spiaggia.

- Sistemi di riciclaggio su larga scala devono essere concepiti da un consulente competente di **ingegneria costiera**, dopo studi preliminari sulla dinamica del litorale.
- Ulteriori indicazioni sul riciclo sono disponibili su il "Manuale di gestione della spiaggia" a cura del **CIRIA**.
- Attenta considerazione deve essere prestata all'impegno di **gestione** a lungo termine necessario per creare e mantenere un livello adeguato di protezione dall'erosione. Futuri finanziamenti per monitoraggi e per regolari ripristini dovrebbero essere concordati prima di prendere in considerazione questa opzione.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Sia il sito donatore che quello ricevente devono essere controllati prima e dopo il riciclo al fine di determinare l'**impatto** e il successo di questa operazione. Le indagini sui profili della costa dovrebbero essere ripetuti almeno due volte l'anno lungo dei transetti prefissati.
- L'estrazione di sabbia o ghiaia dalla spiaggia superiore non dovrebbe essere consentito, ad evitare **danni** alla vegetazione dunale esistente nella zona di origine.
- I **depositi** possono soffocare le comunità bentoniche intertidali, distruggendo l'ecologia locale. Come ovvia conseguenza si avrà la temporanea perdita di luoghi di alimentazione per trampolieri. Attenta considerazione deve essere data a questo potenziale impatto.
- I **limi** introdotti con il materiale di ripascimento saranno gradualmente dilavati verso il largo, potendo causare un danno a breve termine alla pesca ed alle comunità bentoniche.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Ancora una volta, un attento esame deve essere prestato a questo impatto e in particolare ai tempi di lavorazione in relazione alla pesca.

- Qualsiasi materiale prelevato dalla costa retrostante o all'interno di un estuario deve essere **controllato** per detriti, sostanze inquinanti e materiale vegetale non autoctono prima di essere trasportato all'area di deposito.

- La sabbia riciclata sarà soggetta ad erosione del **vento**; perciò deve essere stabilizzata dalla rivegetazione e dalle schermature.

- I rivestimenti in pietrame o legname possono essere sepolti con sabbia o ghiaia, ma i gabbioni e i sacchi di sabbia deve essere **coperti** unicamente dalla sabbia per evitare danni da abrasioni. Il ritombamento dovrebbe essere accompagnato da schermature e trapianti vegetazionali per favorire lo sviluppo di nuove dune stabili.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

6. STRUTTURE IN SACCHI DI SABBIA

Luoghi appropriati:	Coste sabbiose a bassa a moderata energia che richiedono un costo inferiore e una difesa temporanea.
Costi:	Da bassi a moderati (€ 2.500 - € 12.500 / per un fronte di 100m).
Efficacia:	Procura una linea di difesa fissa a breve termine. Meno di 5 anni di vita. Il seppellimento può estenderne la vita.
Vantaggi:	Basso costo, approccio a basso impiego utilizzando materiali locali che vengono restituiti alla spiaggia, quando le difese non sono più necessarie.
Problemi:	I sacchetti di sabbia sono soggetti ad atti di vandalismo e rapido deterioramento a causa dell'azione delle onde, della luce del sole e della pressione del turismo. I teli sono effettivamente impermeabili e non assorbono l'energia del moto ondoso, quindi può accelerare lo scalzamento della spiaggia.

Figura - *Rinforzo con sacchi di geotessile* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

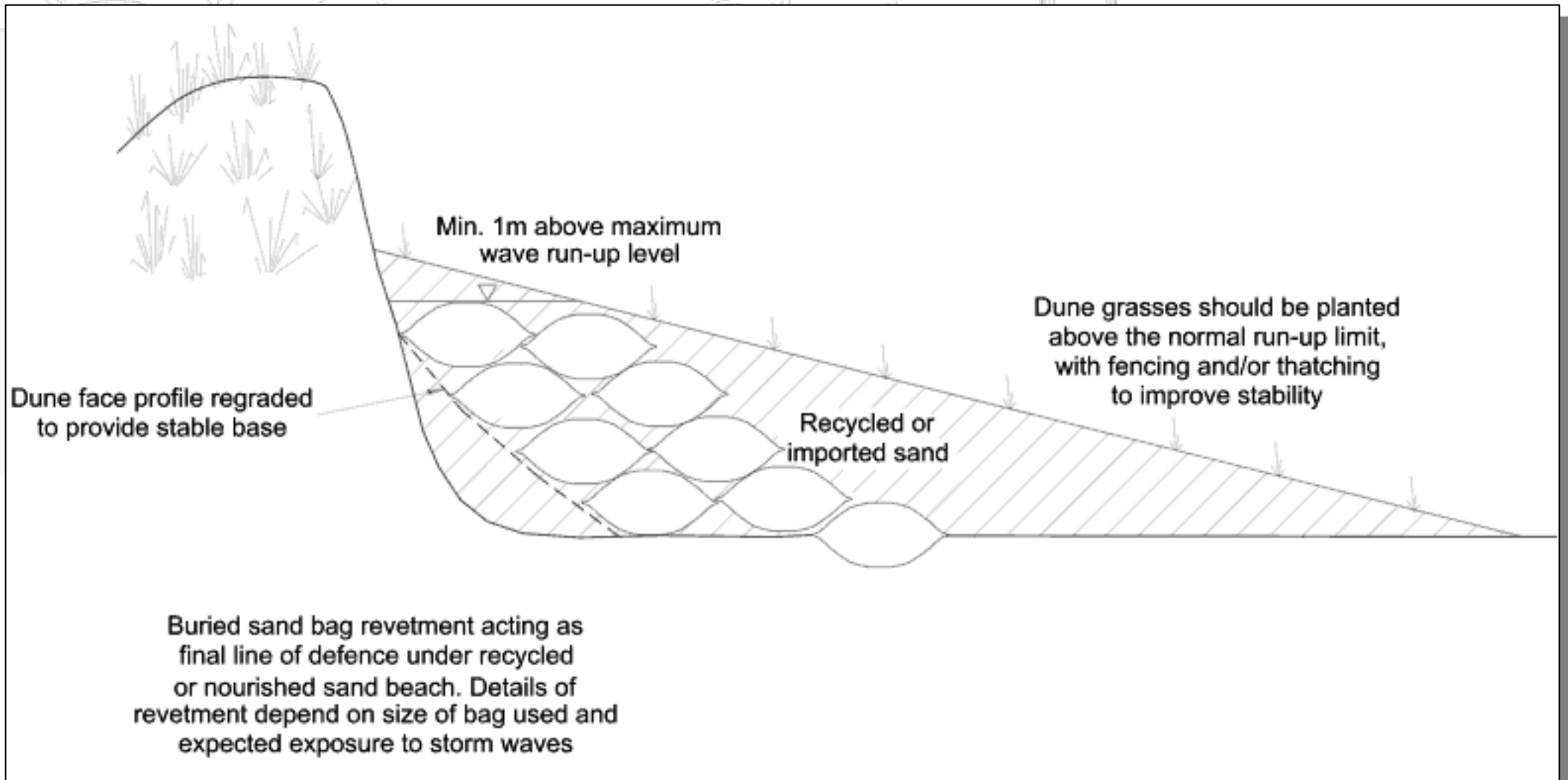


Figura - *Sacchetti dislocati a Sabaudia* (da Boccalaro, 2009)



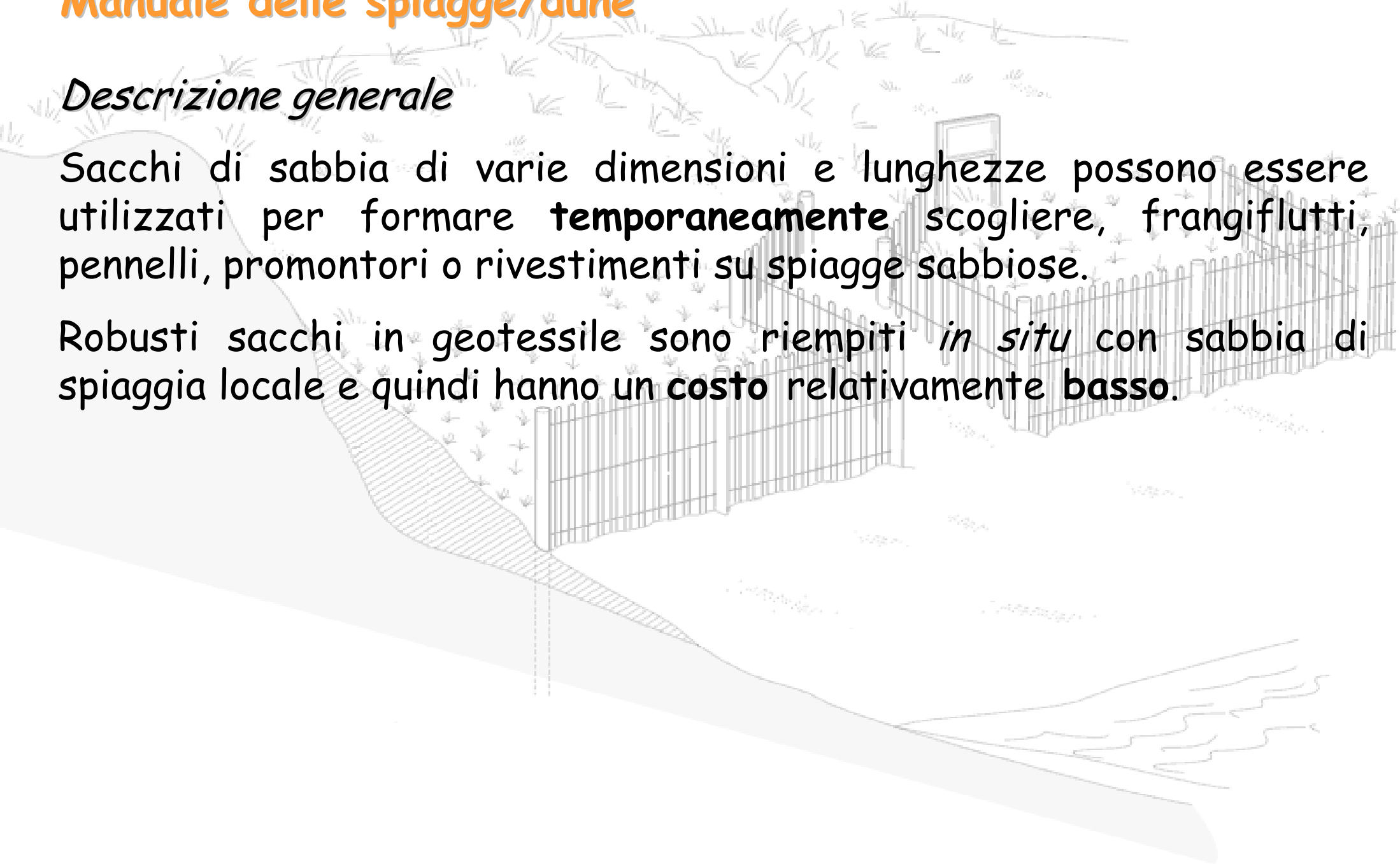
Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

Sacchi di sabbia di varie dimensioni e lunghezze possono essere utilizzati per formare **temporaneamente** scogliere, frangiflutti, pennelli, promontori o rivestimenti su spiagge sabbiose.

Robusti sacchi in geotessile sono riempiti *in situ* con sabbia di spiaggia locale e quindi hanno un **costo relativamente basso**.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

I sacchetti di sabbia sepolti possono costituire un'utile ed economica linea di difesa nelle zone soggette a **lievi e stagionali erosioni**. Sono inoltre utili per **temporanee** (meno di 5 anni) protezioni di promontori, mentre altre opzioni possono essere considerate, pianificate ed attuate, ma esse devono essere sostituite se si vogliono soluzioni a lungo termine. Essi non hanno benefici ambientali, salvo che siano strutture temporanee, facilmente rimovibili con irrilevanti impatti a lungo termine sull'ambiente fisico o naturale.

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare **importanza** per le strutture in sacchi di sabbia:

- I sacchetti di sabbia esposti sono strutture adeguate solo per la protezione **temporanea**, mentre altre soluzioni per la gestione vanno previste e attuate; le strutture **sepolte** sono un po' più durevoli, e hanno un impatto minore sull'*habitat*, sul terreno e sul paesaggio.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- I sacchi di sabbia **danneggiati** devono essere riparati rapidamente per evitare il fallimento della struttura, o rimossi per evitare qualsiasi danno al paesaggio.
- Una volta che le strutture hanno assolto alle loro funzione a breve termine, devono essere **rimosse**, per evitare impatti sul paesaggio e per consentire la ripresa dei processi naturali.
- Ove possibile, il riciclaggio, la schermatura e il trapianto devono essere utilizzati per stabilire una nuova linea di avandune sopra i sacchi di sabbia. La **sepoltura** aumenterà la vita dei sacchi di sabbia, mentre le nuove dune rafforzeranno il paesaggio costiero, forniranno ulteriore protezione dall'erosione e ristabiliranno una successione naturale di *habitat* dunale dalla battigia al retrospiaggia.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

7. RIPASCIMENTO DELLA SPIAGGIA

Luoghi appropriati:	Ad alto valore per l'amenità delle spiagge. Sofferenza per l'erosione della riva a causa di lavori di costruzione in avanzamento o di dragaggio di canali. Spiagge miste di sabbia/ghiaia con tendenza all'arretramento da moderato ad alto valore.
Costi:	Da moderato ad alto, e richiede una manutenzione costante (€ 6.250 - € 250.000/100m facciata, più le strutture di controllo, in corso di gestione e di opere minori).
Efficacia:	Riduzione di erosione a breve-medio termine. Valorizzazione di un ripristino naturale. Da 1 a 10 anni di vita antecedente la prima grande ricarica.
Vantaggi:	Protezione dall'erosione difficile senza strutture. Conservati i processi naturali della spiaggia. Maggiore valore ricreativo della spiaggia.
Problemi:	I materiali potrebbero essere indisponibili o costosi. Materiali importati dissimili possono alterare la geomorfologia o l'ecologia. La sabbia può essere soffiata via causando inconvenienti da rumore.

Figura - *Ripascimento di dune con apporti di sabbia (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

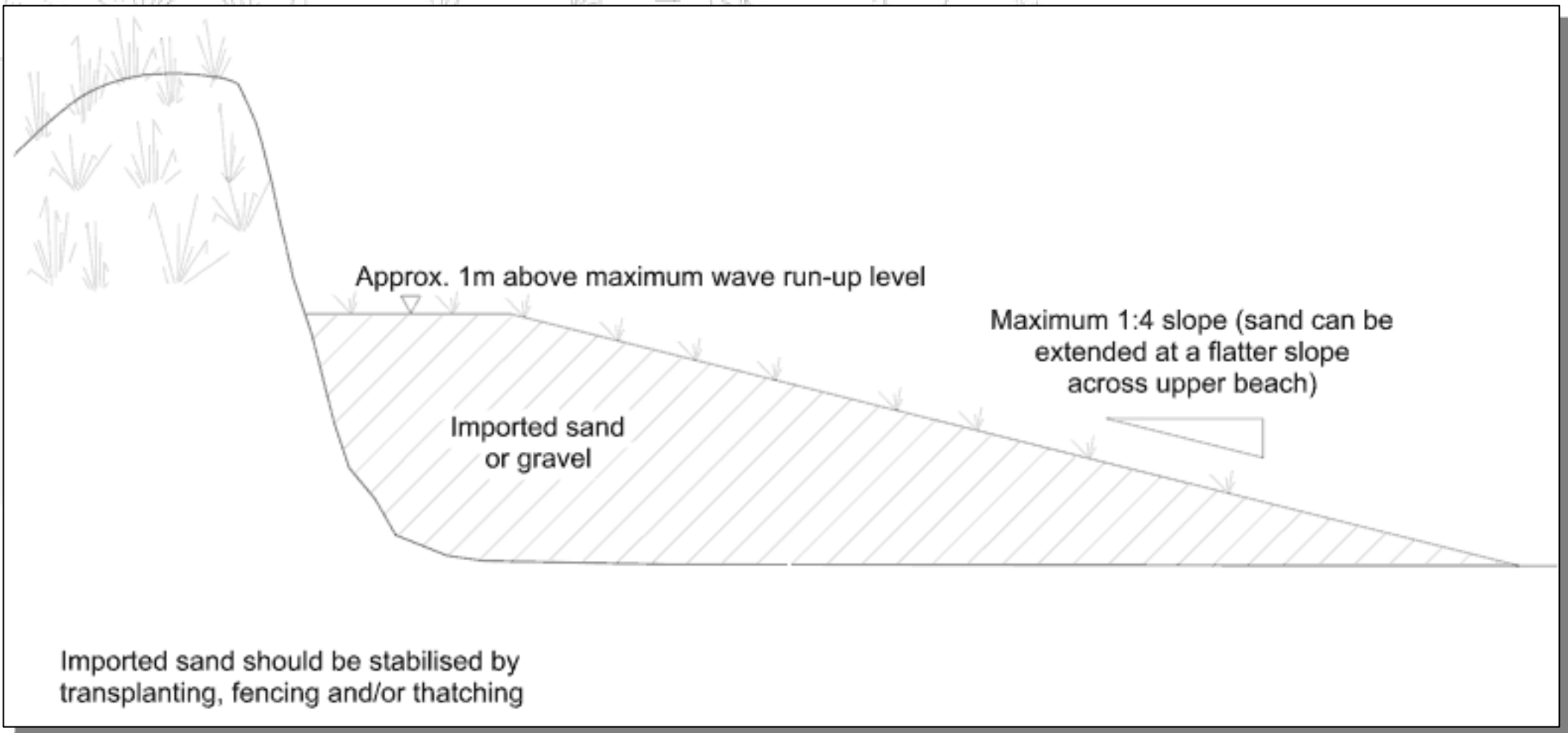


Figura - *Lido del Cavallino dopo il ripascimento (da Consorzio Venezia Nuova, 2002)*



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

Il ripascimento della spiaggia (conosciuto anche come **ricarica** della spiaggia) comporta l'importazione di sabbia o di ghiaia per rimediare alle perdite causate dall'erosione. Se la fonte del materiale è locale e relativa a processi costieri originati da zone in erosione, questo approccio è noto come riciclaggio (Sintesi 5). Gli interventi di ripascimento possono variare da poche ricariche, per riparare uno smottamento o altre piccole erosioni, fino a interventi di molti milioni di euro che richiedono sistemi di **approvvigionamento** di sabbia dragata dal fondo marino.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

Il ripascimento aumenterà il volume di spiaggia e/o il materiale dunale, e rafforzerà il naturale recupero del fronte in erosione delle dune. Quando i grandi volumi di materiale sono importati, il ripascimento è in grado di fornire una vasta spiaggia emersa per un uso ricreativo, e **alimenterà** gradualmente con sedimenti le spiagge adiacenti in conseguenza della deriva *longshore*. L'aspetto artificiale iniziale della spiaggia superiore e del fronte dunare sarà trasformato rapidamente dal vento, dalle onde e dalla vegetazione in una **forma più naturale**.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Il ripascimento può essere **combinato** con la schermatura, la ricopertura e il trapianto di specie vegetali per incoraggiare lo sviluppo di nuove avandune e di un esteso *habitat* dunale. Le difese artificiali costruite in rilievo sulla superficie della spiaggia possono essere sepolte dal ripascimento, seguito dal trapianto vegetale e dalla schermatura, per creare una riva molto più naturale.

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per il ripascimento della spiaggia:

- Gli interventi di ripascimento su larga scala devono essere progettati da un consulente competente in **ingegneria costiera**, sulla base di studi dettagliati preliminari di gestione del litorale e considerando attentamente tutte le altre opzioni.
- Ulteriori indicazioni sul ripascimento della spiaggia sono disponibili sul testo **CIRIA** "Manuale di gestione della spiaggia".

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Attenta considerazione deve essere prestata all'impegno di **gestione** a lungo termine, necessaria per creare e mantenere un livello adeguato di protezione dall'erosione. Futuri finanziamenti per il **monitoraggio** e i regolari rinalzi dovrebbero essere concordati prima di prendere in considerazione questa opzione.
- Le spiagge formate da ghiaia dragata possono erodersi all'interno sotto forma di piccole "**scogliere**" al limite della risalita dell'onda. Queste possono essere pericolose per gli utenti della spiaggia e dovrebbero essere declassate a spiagge pubbliche popolari.
- Il ripascimento potrebbe **soffocare** le comunità bentoniche intertidali, distruggendo l'ecologia locale. Le ovvie conseguenze comprenderanno la temporanea perdita di alimentazione per i trampolieri. Attenta considerazione deve essere data a questo potenziale impatto.

Ingegneria Naturalistica costiera

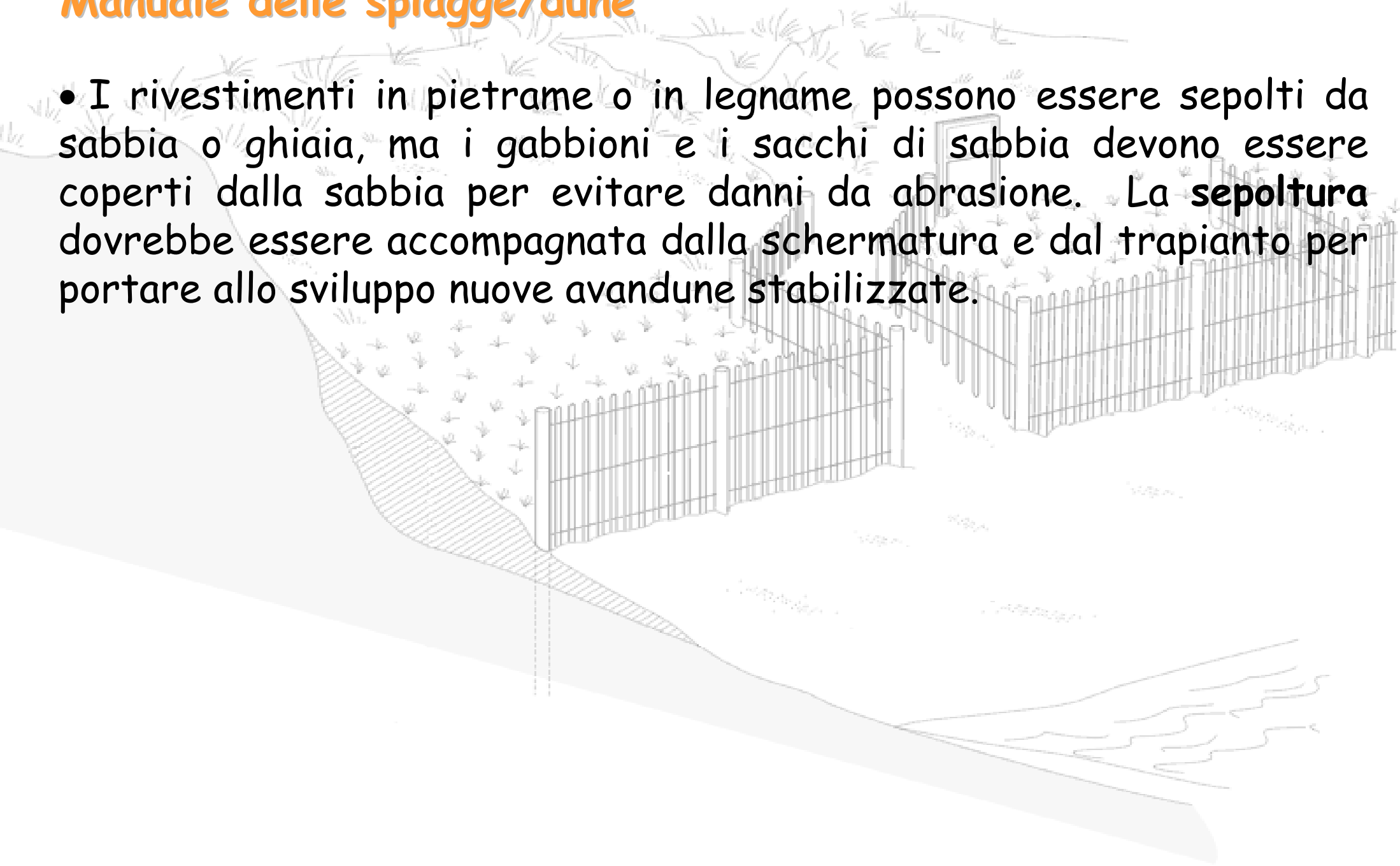
Manuale delle spiagge/dune

- I **sedimenti fini** immessi con il materiale di ripascimento saranno gradualmente dilavati, causando potenzialmente a breve termine danni alla pesca sottocosta ed alle comunità bentoniche. Ancora una volta, un attento esame deve essere fatto su questo impatto e in particolare sui tempi di lavorazione in relazione alla pesca.
- I siti di ripascimento devono essere controllati prima e dopo gli interventi per determinare l'**impatto** e la probabilità di successo. Le **riprofilature** dovrebbero essere ripetute almeno due volte l'anno lungo prefissate linee trasversali.
- I depositi di sabbia saranno soggetti ad erosione eolica ed a ridistribuzione, così da richiedere l'opera stabilizzante dei trapianti vegetazionali e delle schermature. L'assenza di **stabilizzazione** delle avandune può dar luogo a problemi di ablazione di sabbia lungo il *backshore*.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- I rivestimenti in pietrame o in legname possono essere sepolti da sabbia o ghiaia, ma i gabbioni e i sacchi di sabbia devono essere coperti dalla sabbia per evitare danni da abrasione. La **sepoltura** dovrebbe essere accompagnata dalla schermatura e dal trapianto per portare allo sviluppo nuove avandune stabilizzate.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

8. RIVESTIMENTO IN GABBIONI

Luoghi appropriati:	Spiaggia di sabbia in siti con rischio da erosione periodica da moderato a grave, le cui attività retrodunali sono a rischio. Utile per la protezione della sponda di un estuario.
Costi:	Moderati, ma è richiesta manutenzione (€ 6.250 - € 62.500/100m di fronte, oltre a opere minori e manutenzione).
Efficacia:	Ben posizionati, i gabbioni forniscono una ragionevole difesa fissa, ma hanno una vita limitata a 5-10 anni a seguito del deterioramento della rete.
Vantaggi:	Soluzione utile dove l'armatura in roccia è considerata inopportuna o troppo costosa. Disponibile in diverse forme. Può essere coperto dalla sabbia e dalla vegetazione. La superficie permeabile assorbe l'energia del moto ondoso e incoraggia la stabilità della spiaggia superiore.
Problemi:	Vita limitata, portando in superficie brutti e pericolosi fili di rete lungo la spiaggia e liberando non autoctoni ciottoli nel sistema della spiaggia. La rete metallica è danneggiata dall'acqua salata, da atti di vandalismo e dall'abrasione da calpestio o da impatti di ghiaia della spiaggia.

Figura - *Gabbioni per dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

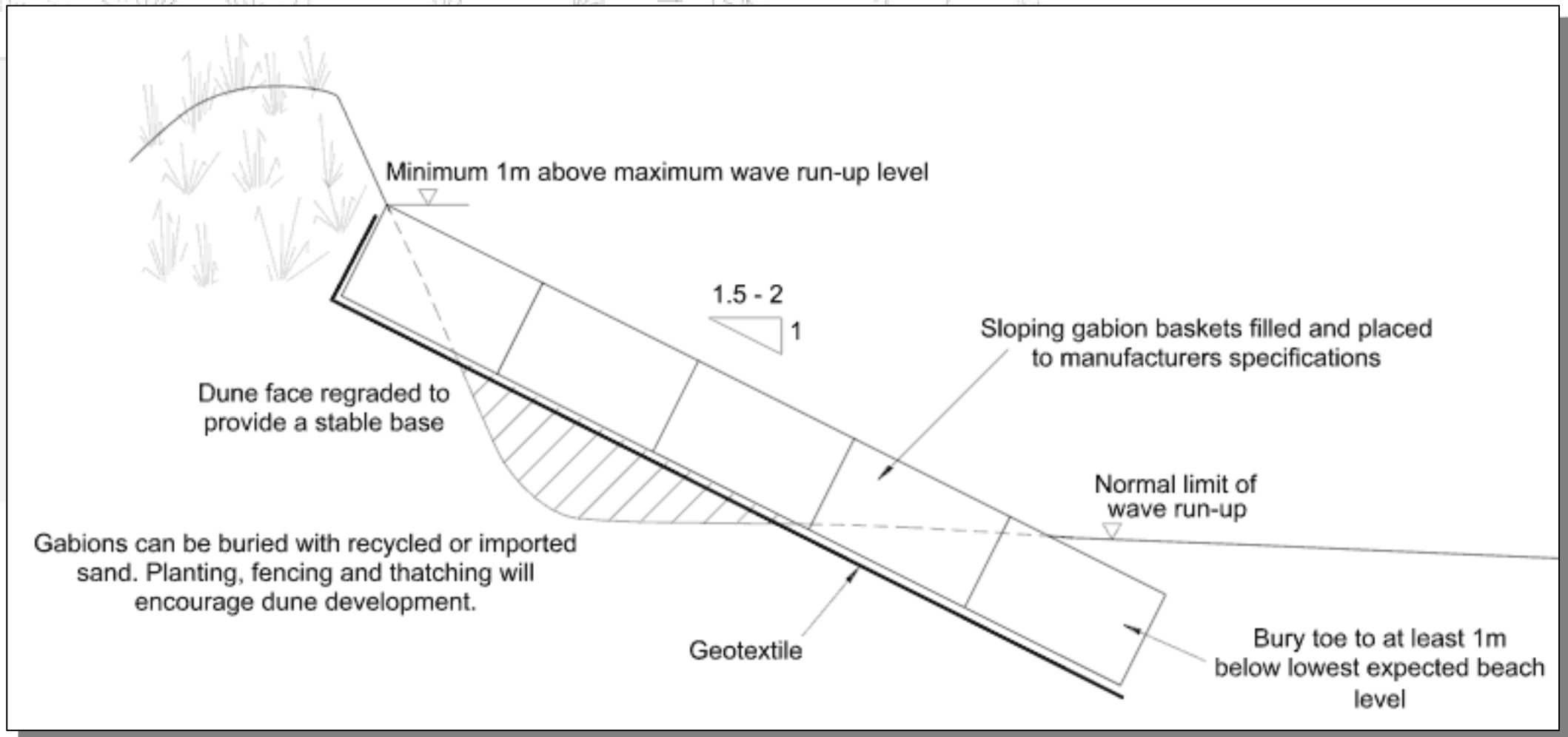


Figura - *Gabbioni per dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

I gabbioni sono celle con maglia di filo metallico riempite con ciottoli o pietrisco. Essi sono riempiti *in situ*, spesso con materiale localmente disponibile e quindi hanno un costo di realizzazione relativamente basso. Poiché sono flessibili e porosi essi possono **assorbire** qualche onda e l'energia eolica, riducendo in tal modo i problemi di segregazione connessi con difese a mare impermeabili come i muri a mare in calcestruzzo.

I gabbioni possono essere posati **in pendenza** come "materassi" o in verticale come celle cubiche. Questi ultimi sono destinati a formare delle banche o scogliere stabilizzanti e di norma non sono adatti per l'uso in situazioni tipiche di un litorale.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

I gabbioni **inclinati** sono in grado di fornire una buona protezione dall'erosione, per periodi fino a 10 anni (più a lungo se normalmente sepolti). Essi sono spesso più accettabili e meno costosi delle armature in pietrame. Quando sono attentamente costruiti e messi in opera possono mimetizzarsi nel paesaggio dunare, e sono esposti ad erosione solo durante le mareggiate. Essi sono i più utilizzati in aree dove ha luogo un'erosione episodica e dove la **naturale sepoltura** da parte di nuove avandune è possibile in condizioni favorevoli. La loro applicabilità nelle zone soggette a erosione persistente è limitata alla protezione temporanea. La **rimozione** di strutture temporanee è più difficile con i gabbioni che con i sacchi di sabbia, o con le strutture in pietrame o legname. Il **riciclaggio**, la **schermatura** e il **trapianto** di vegetazione favoriscono la crescita di nuove avandune su strutture sepolte. .

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per i rivestimenti in gabbioni le seguenti indicazioni:

- I rivestimenti in gabbioni **inclinati** sono quasi sempre preferibili a strutture subverticali. Essi sono idraulicamente più efficienti, più facilmente copribili dalla sabbia e ri-vegetabili per formare nuove avandune. Essi sono meno **invasivi** sul paesaggio e forniscono meno rischi per la sicurezza pubblica quando vengono utilizzati nei percorsi di accesso alla spiaggia.
- I **percorsi di accesso** in sicurezza per il pubblico dovrebbero passare lungo i gabbioni, utilizzando gradini in legname o in cemento collegati a percorsi controllati attraverso il sistema delle dune. Ciò consentirà di ridurre i danni alle maglie metalliche.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Le strutture di interfaccia delle spiaggia devono essere mantenute quanto più alte possibile rispetto alla linea di riva, preferibilmente al di sopra del **limite di risalita dell'onda** in modo che i gabbioni entrino in azione solo durante le mareggiate. Se necessario, il fronte delle dune esistenti dovrebbe essere tagliato e riprofilato al fine di garantire che le onde non raggiungano i gabbioni normalmente.
- Ove possibile, il **riciclaggio**, la **schermatura** e il **trapianto di vegetazione** devono essere attuati per formare una nuova linea di avandune sopra i gabbioni. L'insabbiatura aumenterà la vita del gabbione, mentre le nuove dune rafforzeranno il paesaggio costiero, fornendo ulteriore protezione dall'erosione e ristabilendo una successione naturale dell'*habitat* dunare dalla battigia al retroduna.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Le strutture **subverticali** devono essere evitate, ma possono costituire promontori come protezione a brevissimo termine di una linea di riva con un assetto variabile, mentre si stanno prevedendo e attuando opzioni di gestione alternativa. Esse hanno il vantaggio di limitare l'impronta dell'opera.
- Le **ispezioni** dovrebbero essere ripetute almeno due volte l'anno, preferibilmente ogni qual volta i livelli della spiaggia sono bassi. I lavori di manutenzione dovrebbero essere completati nel più breve tempo possibile da quando è stato rilevato il danno.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

9. PROMONTORI ARTIFICIALI

Luoghi appropriati:	Dune in rapida erosione con importanti attività nell'entroterra a intervalli discreti lungo la riva.
Costi:	Moderati, ma è richiesta bassa manutenzione (€ 25.000 - € 75.000/100m della struttura, oltre a opere minori per superfici non protette).
Efficacia:	Buona protezione temporanea o a lungo termine per proteggere il litorale. Consente ai processi naturali di continuare altrove. Può essere utilizzato con altri metodi a basso costo. Vita della struttura illimitata per promontori in roccia.
Vantaggi:	Forniscono protezione locale con il minimo disturbo al sistema duna nel suo complesso. Possono essere modificati o rimossi in data successiva.
Problemi:	Visivamente invadenti. Non controllano l'erosione lungo tutto il fronte. Le strutture possono interferire con il trasporto <i>longshore</i> , in particolare sulle spiagge di sabbia e ghiaia, e possono richiedere l'estensione o la periodica delocalizzazione verso terra per evitare l'aggiramento.

Figura - *Promontori per dune con riporti di sabbia (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

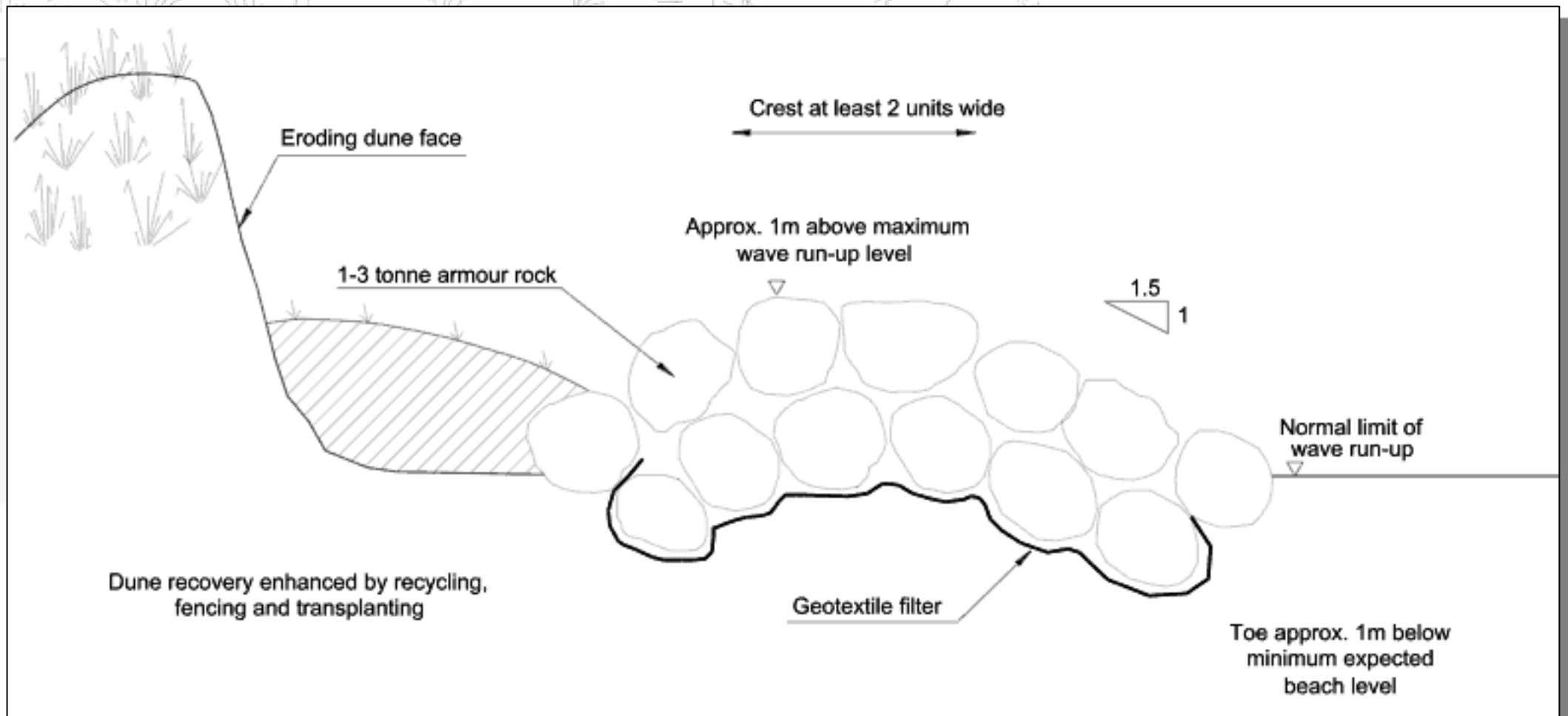


Figura - *Promontori per dune con riporti di sabbia (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

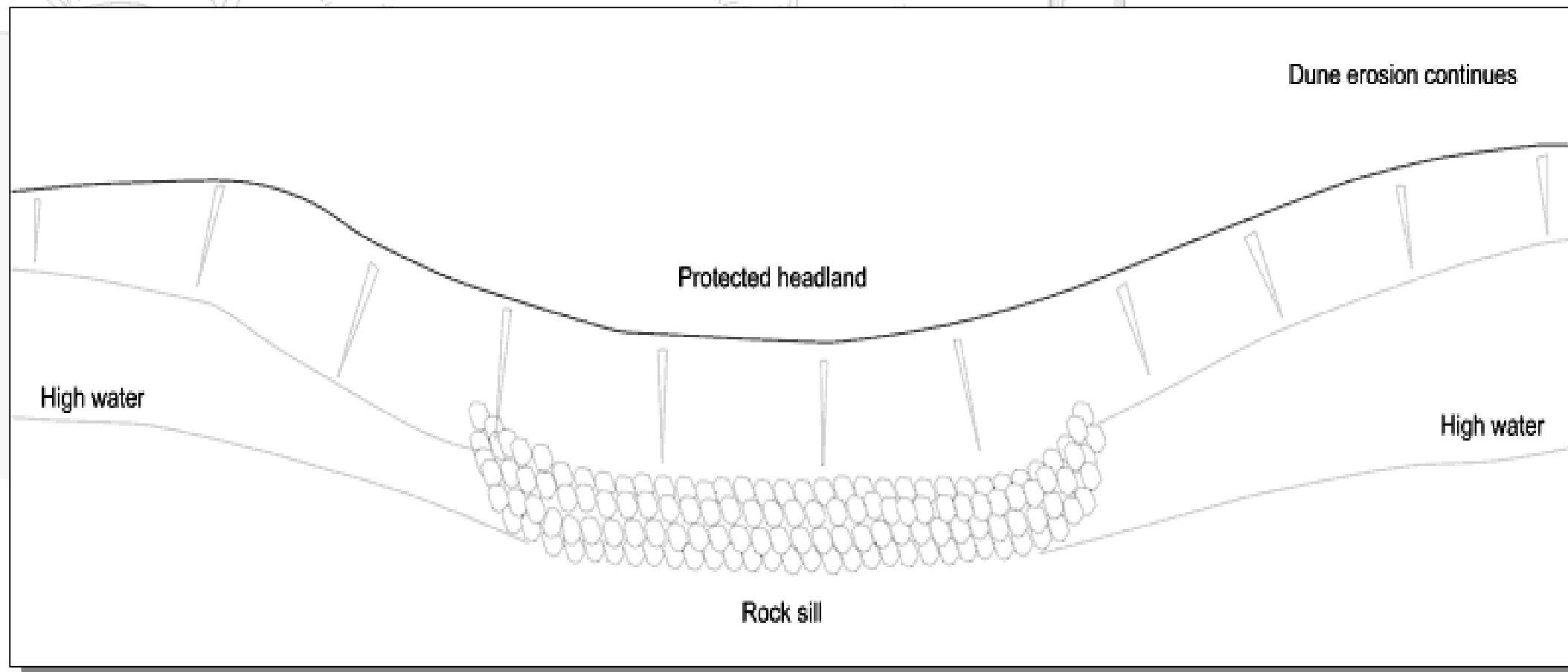


Figura - *Scogliere per dune con riporti di sabbia* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

I promontori artificiali sono delle strutture in pietrame costruite lungo le estremità di dune in erosione per proteggere **punti strategici**, consentendo ai processi naturali di continuare ad agire lungo il restante fronte. Questo è notevolmente più conveniente che proteggere l'intero fronte ed è in grado di fornire una protezione temporanea o a lungo termine per specifiche attività a rischio.

I promontori temporanei possono essere costituiti da **gabbioni** o da **sacchi di sabbia**, ma l'aspettativa di vita, di norma, sarà compresa tra 1 e 5 anni.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

I promontori sono in grado di fornire una buona protezione a **punti singoli** lungo la costa, temporaneamente o per lunghi periodi. Possono anche essere utilizzati per trasformare un tratto di dune in erosione in un litorale formato da **piccole insenature e promontori**, in cui parte del sistema dunare è gestito come un sistema dinamico, mentre altri tratti sono fissati artificialmente. La **larghezza** della parte superiore della spiaggia nel centro della zona a baie può aumentare, migliorando la fruizione turistica. Le superfici dunari a ridosso dei promontori possono **riqualificarsi** una volta che la sabbia portata dal vento può passare attorno alle strutture.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Le strutture temporanee possono essere **rimosse** quando non sono più necessarie, con pochi danni residui al sistema dunare nel suo complesso. Le strutture in sacchi di sabbia sono le più facili da rimuovere, ma le strutture in pietrame possono anche essere portate via per il loro **riutilizzo** altrove.

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per i promontori artificiali:

- Ulteriori indicazioni sulla progettazione delle strutture in roccia sono disponibili presso il **CIRIA / CUR** "Manuale per l'uso di pietrame nell'ingegneria litoranea e costiera.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Ove possibile, il **riciclaggio**, la **schermatura** e il **trapianto di vegetazione** dovrebbero essere intrapresi per stabilizzare una nuova linea di avandune dietro i promontori e lungo la spiaggia non protetta superiore. Queste dune rafforzeranno il paesaggio costiero, forniranno ulteriore protezione dall'erosione e ristabiliranno la naturale successione di habitat dunari dalla battigia al retroduna.
- Le **estremità** dei promontori dovrebbero essere **estese** sulla riva e a terra per evitare l'aggiramento se le adiacenti dune sono erodibili rapidamente. Le altre dimensioni strutturali, come l'altezza della cresta sul livello del mare, possono anche essere modificate se il **monitoraggio** indica che la configurazione iniziale non è richiesta per il raggiungimento degli obiettivi. Qualsiasi **danno** rilevato a seguito delle mareggiate, come i massi dislocati, deve essere corretto nel corso delle operazioni di **manutenzione**.

Ingegneria Naturalistica costiera

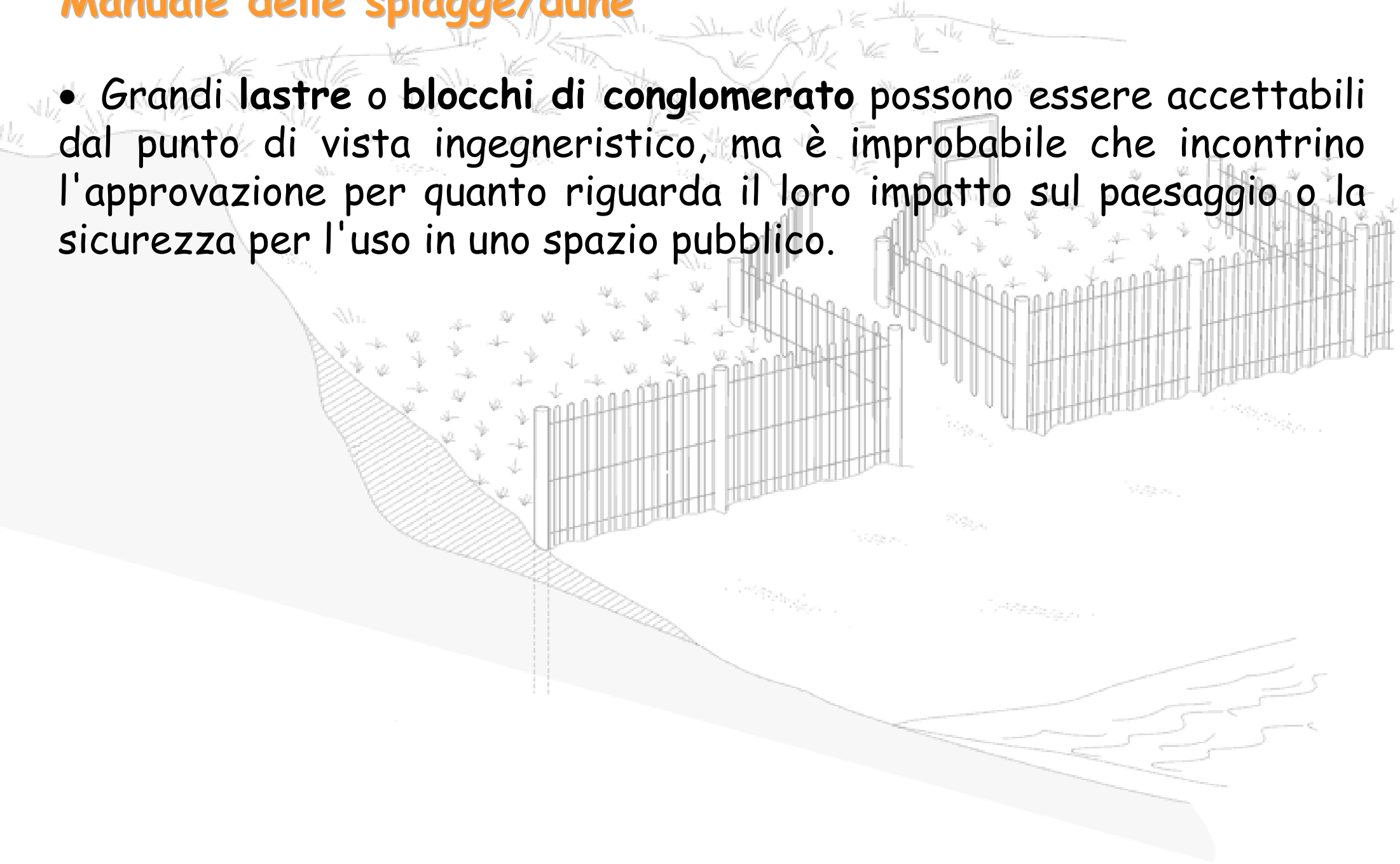
Manuale delle spiagge/dune

- L'uso di **pietra locale** non dovrebbe essere un requisito di progettazione a meno che non vi sono vere e proprie esigenze paesaggistiche, come adiacenti affioramenti rocciosi, anche se in questo caso la roccia locale deve essere utilizzata solo se è prontamente **disponibile** nelle dimensioni richieste, ed è un materiale resistente per le opere costiere.
- L'uso di **macerie** da costruzione è improbabile che sia appropriato per la gestione delle dune. La maggior parte del materiale è **troppo piccolo** per essere efficace e sarà prelevato dalla spiaggia durante una mareggiata significativa. Le macerie potrebbero contenere materiale che è **pericoloso** per gli utenti della spiaggia, tossico o semplicemente poco attraente.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- **Grandi lastre o blocchi di conglomerato** possono essere accettabili dal punto di vista ingegneristico, ma è improbabile che incontrino l'approvazione per quanto riguarda il loro impatto sul paesaggio o la sicurezza per l'uso in uno spazio pubblico.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

10. SCOGLIERE ARTIFICIALI

Luoghi appropriati:	Superfici ad alto valore economico con bassi tassi di trasporto <i>longshore</i> e deboli correnti di marea <i>nearshore</i> .
Costi:	Alti, ma bassi per la manutenzione (€ 50.000 - € 125.000/100m di struttura, oltre a lavori per superfici minori non protette)
Efficacia:	Causa deposito sul lato sottoflutto ed erosione sopraflutto. Offre una buona protezione in insenature chiuse, ma è potenzialmente dannoso per le coste aperte.
Vantaggi:	Non disturbano direttamente le dune, aumentano la zona di spiaggia superiore, possono consentire a nuove avandune di stabilizzarsi. Illimitata la vita della struttura.
Problemi:	Visivamente invadente, modificando la morfologia della spiaggia superiore, può indurre a sedimenti fini, alghe o detriti di accumularsi lungo la spiaggia superiore. Può causare localmente forti correnti e può essere un pericolo per gli utenti della spiaggia.

Figura - *Scogliere per dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

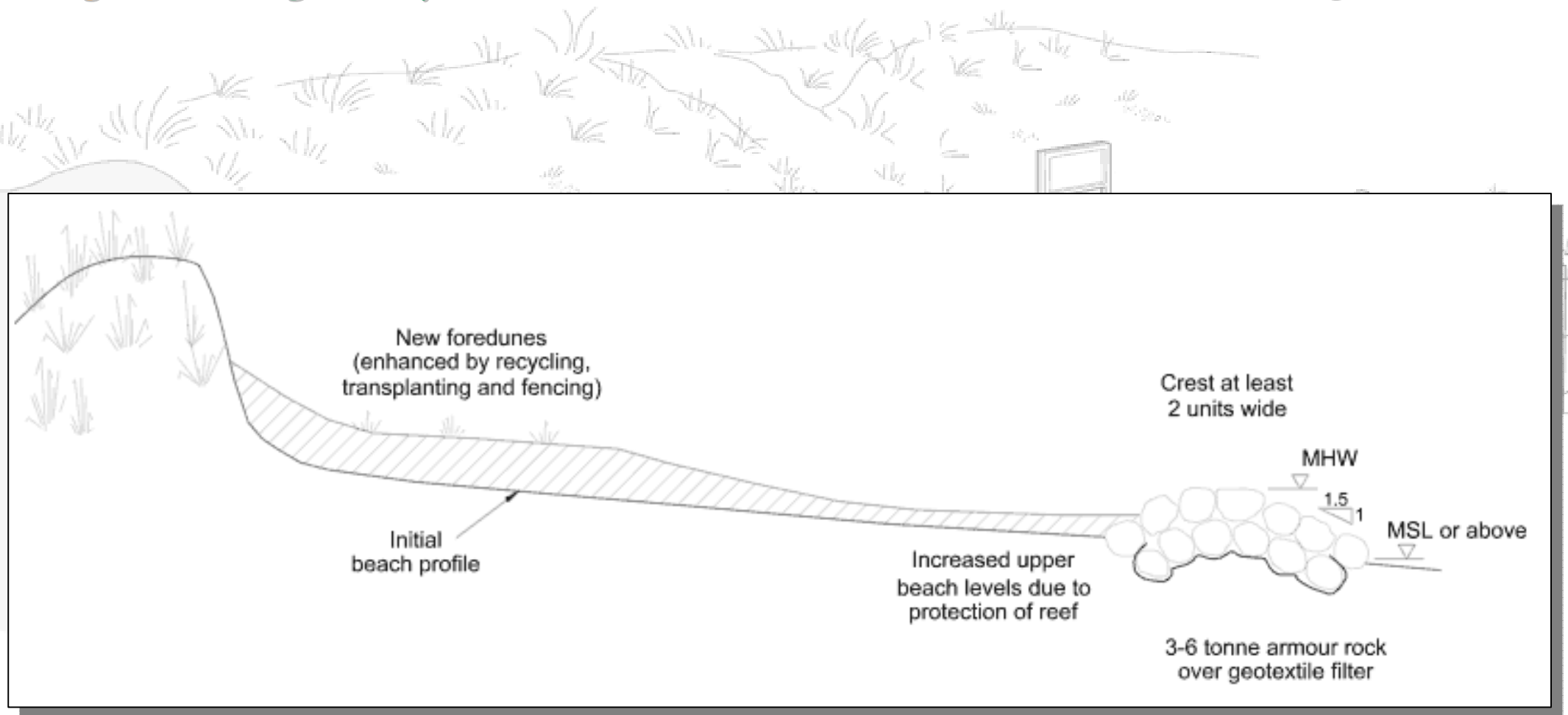


Figura - *Scogliere per dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

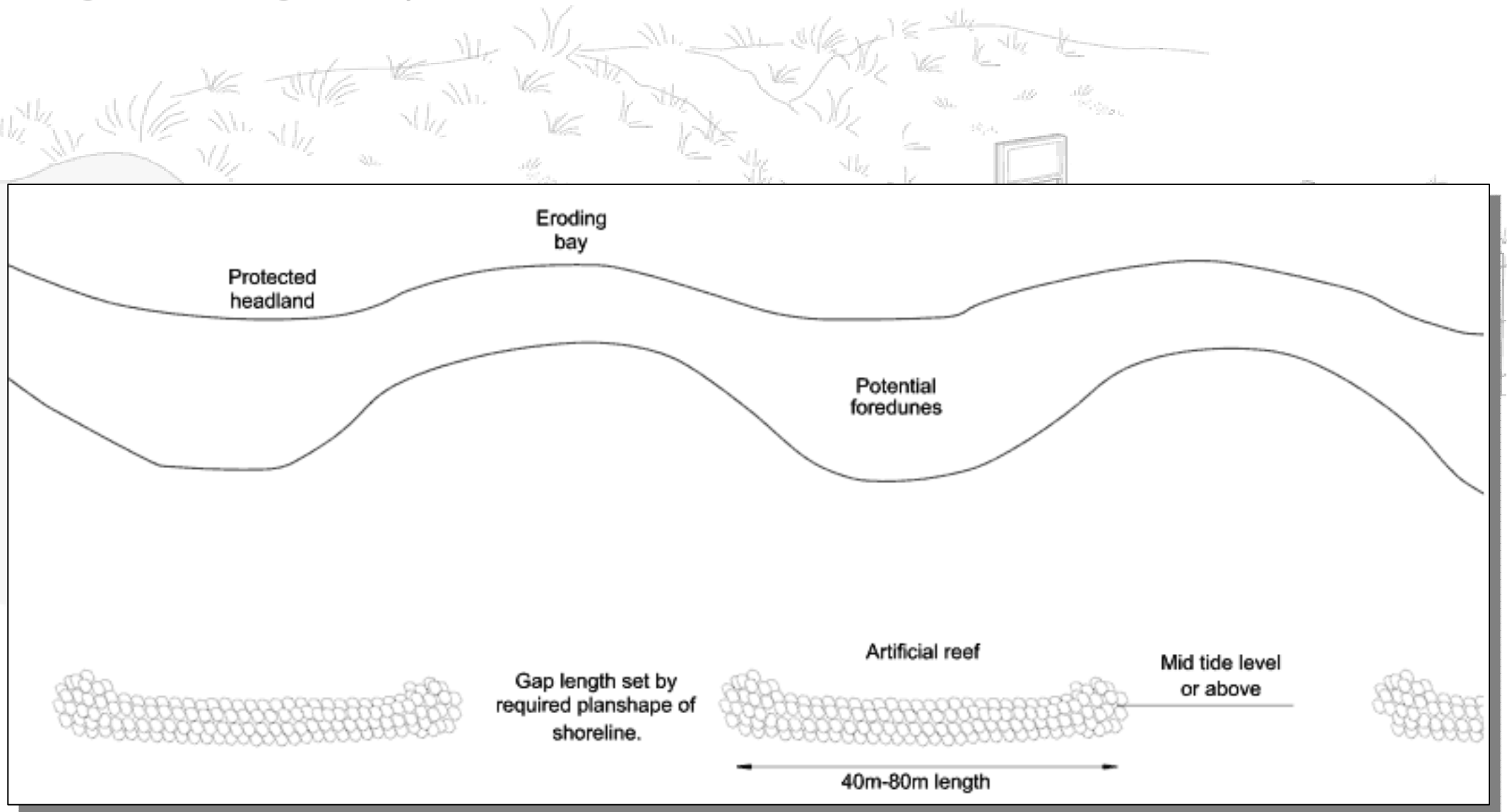


Figura - *Scogliere per dune in sacchi (AUS)* (da Gold Coast, 2004)

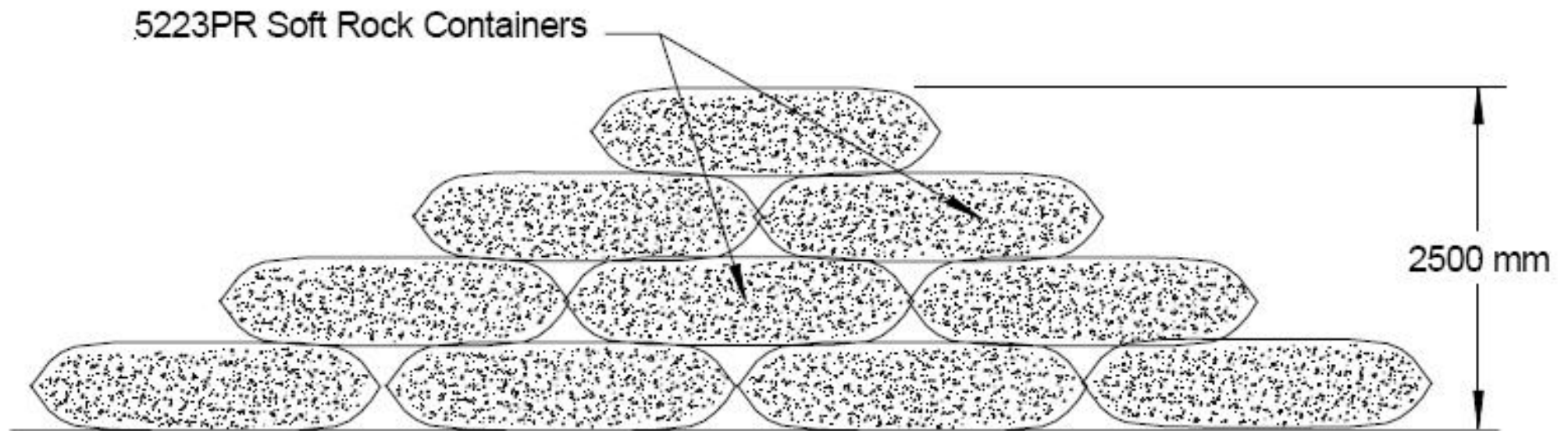


Fig. 12. Section through groyne

Figura - *Scogliere per dune in sacchi (AUS)* (da *Gold Coast, 2004*)



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

Le scogliere artificiali sono strutture in mucchi di **pietrame** parallele alla riva posizionate in parte lungo la superficie della spiaggia. Esse possono essere lunghe strutture singole o formare una **serie** di barriere che si estendono per una certa distanza lungo la linea di riva.

Esse si distinguono dai frangiflutti prossimi alla riva (Voce 11) per l'essere **immerse** per almeno una parte del ciclo di marea, e sono quindi meno intrusive sul paesaggio costiero, hanno meno impatto sui processi longshore della spiaggia superiore e aggiungono un nuovo habitat intertidale alle barre di sabbia.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

La larghezza della parte superiore della spiaggia lungo il litorale a forma di baia può aumentare, migliorando la fruibilità turistica. Nuove dune mobili si possono sviluppare a ridosso delle scogliere. Le strutture consentono ai **processi naturali** spiaggia-duna di continuare, anche se lungo una costa modificata.

Le barriere artificiali formano un nuovo *habitat* intertidale, portando **comunità di scogliera** in una spiaggia di sabbia. Le strutture possono rivelarsi ben accette dai bagnanti.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per le scogliere artificiali:

- Ulteriori indicazioni sulla progettazione delle strutture in roccia sono disponibili presso il **CIRIA / CUR** "Manuale per l'uso di roccia nell'ingegneria litorale e costiera" e dal CIRIA "Manuale per la gestione della spiaggia".
- La costruzione di una scogliera può aver bisogno di essere accompagnata da un programma contemporaneo di **riciclo** o di **ripascimento** della spiaggia per garantire che la redistribuzione dei sedimenti non sia eccessivamente dannosa per le superfici esposte.
- Un regolare **monitoraggio** e **gestione** sono richiesti per ottenere un intervento riuscito. La sorveglianza deve comprendere le coste adiacenti così come quelle immediatamente all'interno del sistema di barriere.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Il monitoraggio dovrebbe anche registrare qualsiasi **perturbazione** attorno alle strutture che può indicare la possibilità di cedimenti strutturali o la presenza di forti correnti locali che possono essere un pericolo per gli utenti della spiaggia.

- Le strutture devono essere **contenute nelle dimensioni** per ridurre l'impatto visivo. Le dimensioni strutturali possono essere modificate se il monitoraggio indica che la configurazione iniziale non è adatta al raggiungimento degli obiettivi. Qualsiasi danno rilevato in seguito a mareggiate, come rocce spostate, deve essere corretto nel corso delle operazioni di manutenzione.
- Ove possibile, il **riciclaggio**, la **schermatura** e il **trapianto di vegetazione** devono essere impiegati per stabilizzare un nuovo fronte dunale a ridosso delle scogliere.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Queste **dune** miglioreranno il paesaggio costiero, forniranno ulteriore protezione dall'erosione e ristabiliranno la naturale successione di habitat dunali dalla battigia al retroduna.

- Poiché le scogliere sono sommerse in più parti del ciclo delle maree esse dovranno essere segnalate da **boe di navigazione** e le loro posizioni registrate dall'Ufficio Idrografico.
- L'uso di **pietra locale** non dovrebbe essere un requisito di progettazione a meno che non vi siano vere e proprie considerazioni sul paesaggio, come affioramenti rocciosi adiacenti, e anche in questo caso la roccia locale deve essere utilizzata solo se è prontamente **disponibile** nelle dimensioni richieste ed è un materiale adatto per le opere costiere.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- L'uso di **macerie** da costruzione è improbabile che sia mai appropriato per la gestione delle dune. La maggior parte del materiale è troppo **piccolo** per essere efficace e sarà asportato dalla spiaggia durante la prima mareggiata significativa. Le macerie potrebbero contenere materiale **pericoloso** per gli utenti della spiaggia, tossico o semplicemente poco attraente.
- **Grandi elementi di conglomerato** cementizio possono essere accettabili dal punto di vista ingegneristico, ma è improbabile che riscuotano consensi per quanto riguarda il loro impatto sul paesaggio o la sicurezza per l'uso in uno spazio pubblico.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

11. FRANGIFLUTTI PROSSIMI ALLA RIVA

Luoghi appropriati:	Ad alto valore visivo con bassi tassi di trasporto <i>longshore</i> , e deboli correnti di marea <i>nearshore</i> .
Costi:	Alti, ma bassa manutenzione (€ 50.000 - € 125.000/100m della struttura, oltre a lavori minori accessori)
Efficacia:	Causa accrescimento sottoflutto ed erosione sopraflutto. Offre una buona protezione in insenature chiuse, ma è potenzialmente dannoso per coste aperte.
Vantaggi:	Dune non direttamente disturbate, aumenta la zona di spiaggia asciutta superiore, può consentire a nuove avandune di stabilizzarsi. Illimitata la vita della struttura.
Problemi:	Visivamente invadente, modifica la morfologia della spiaggia superiore, può far sì che sedimenti fini, alghe o detriti si accumulino lungo la spiaggia superiore. Può causare localmente forti correnti e può essere un pericolo per gli utenti della spiaggia.

Figura - *Barriere per dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

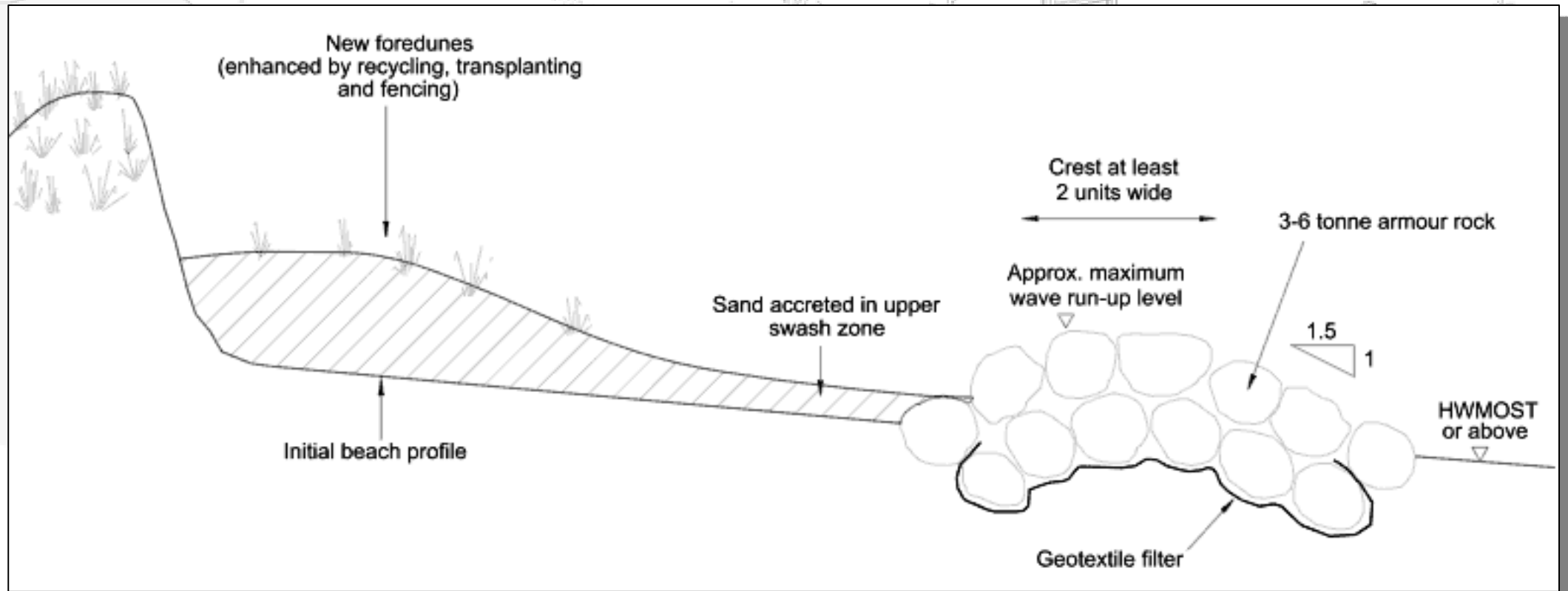


Figura - *Barriere per dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

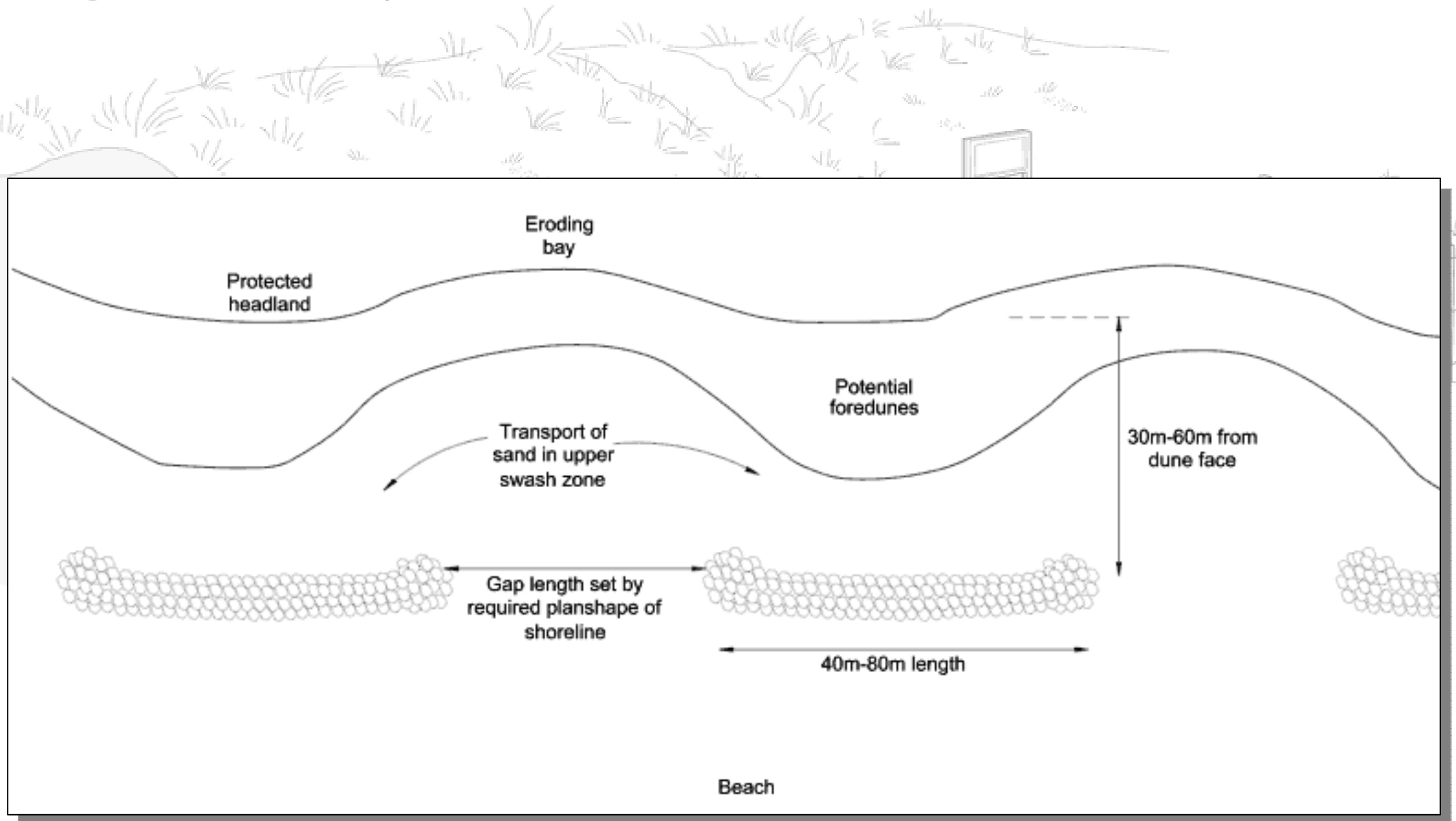


Figura - *Barriere radenti al lido di Tarquinia (VT) (da APAT - atlante delle opere di sistemazione costiera, 2007)*



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

I frangiflutti prossimi alla riva sono strutture segmentate, parallele alla riva, costruite lungo la spiaggia superiore al **livello di alta marea**. Essi sono normalmente costruiti in pietrame, ma possono essere formati da elementi in calcestruzzo armato. Al massimo livello di marea le loro creste sono ancora visibili, ma possono essere separati dalla battigia. Le **spaziature** permettono al moto ondoso di raggiungere la spiaggia superiore e perfino il fronte delle dune.

Queste strutture si distinguono dalle **scogliere artificiali** (Sintesi 10) che sono costruite a valle della spiaggia anteriore e sono sommerse dall'alta marea.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

La larghezza della spiaggia emersa lungo il litorale, a forma di baia, può aumentare, migliorando il turismo. Nuove dune embrionali possono svilupparsi a ridosso dei frangiflutti. Le strutture consentono ai **processi naturali spiaggia-duna** di continuare, anche se lungo una costa modificata.

Gli habitat delle dune esistenti e gli aspetti geomorfologici possono essere conservati e/o migliorati nelle zone a ridosso delle strutture.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per i frangiflutti prossimi alla riva:

- Ulteriori indicazioni sulla progettazione delle strutture di roccia sono disponibili nel **CIRIA / CUR** "Manuale per l'uso di pietrame nella ingegneria litoranea e costiera" e nel CIRIA "Manuale sulla gestione delle spiagge".
- I frangiflutti possono aver bisogno di essere integrati da un programma di **riciclo** o di **ripascimento** della spiaggia per garantire che la ridistribuzione dei sedimenti non sia eccessivamente dannosa per i fronti esposti. Un regolare **monitoraggio** e **gestione** sono necessari per ottenere un intervento ben riuscito. La sorveglianza deve comprendere le coste adiacenti così come i tratti interni ai frangiflutti.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Il **monitoraggio** dovrebbe anche registrare qualsiasi **instabilità** intorno alle strutture che può indicare la possibilità di cedimenti strutturali o la presenza di forti correnti locali che possono essere un pericolo per gli utenti della spiaggia.
- Le strutture devono essere ridotte al **minimo dimensionale** per ridurre l'impatto visivo. Le dimensioni della struttura possono essere modificate se il monitoraggio indica che la configurazione iniziale non ha raggiunto gli obiettivi richiesti. Qualsiasi **danno** rilevato dopo una mareggiata, come massi spostati, deve essere ripristinato nel corso delle operazioni di manutenzione.
- Ove possibile, il **riciclaggio**, la **schermatura** e il **trapianto** devono essere attuati per stabilire una nuova linea di avandune a ridosso dei frangiflutti. Queste dune rafforzeranno il paesaggio costiero, forniranno una ulteriore protezione dall'erosione e ristabiliranno una naturale successione di *habitat* dunali dalla battigia al retro costa.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- L'uso di **pietra locale** non dovrebbe essere un requisito di progettazione a meno che non vi siano vere e proprie considerazioni sul paesaggio, come adiacenti affioramenti geologici; anche in questo caso la pietra locale deve essere utilizzata solo se è facilmente **disponibile** nelle dimensioni richieste, e se è un materiale adatto alle opere costiere.
- L'uso di **macerie** da costruzione è improbabile che sia appropriato per la gestione delle dune. La maggior parte del materiale è troppo **piccolo** per essere efficace e sarà prelevato dalla spiaggia alla prima mareggiata. Le macerie potrebbero contenere materiale **pericoloso** per i bagnanti, tossico o semplicemente poco attraente.
- **Grandi elementi di conglomerato cementizio** possono essere accettabili dal punto di vista ingegneristico, ma è improbabile che siano approvati per quanto riguarda il loro impatto sul paesaggio o la sicurezza per l'uso in uno spazio pubblico.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

12. PENNELLI

Luoghi appropriati:	Siti ad alto valore economico influenzati da forti processi <i>longshore</i> (onde indotte o correnti di marea), dove il ripascimento o il riciclaggio di sabbia sono avviati. I migliori risultati si hanno su spiagge in ghiaia o all'interno degli estuari.
Costi:	Moderati, ma devono comprendere il riciclaggio o il ripascimento (€ 12.500 - € 125.000 per struttura, maggiorati per il riciclaggio).
Efficacia:	Buona sulle coste esposte con una naturale spiaggia di ghiaia superiore. Può essere utile anche negli estuari per deviare i flussi. Vita della struttura illimitata per pennelli in roccia.
Vantaggi:	Garantisce la stabilità della spiaggia superiore e riduce l'impegno della manutenzione per il riciclaggio o il ripascimento.
Problemi:	Perturba i processi naturali e l'accesso del pubblico lungo la spiaggia superiore. Può provocare l'erosione sottovento (<i>downdrift</i>) se la spiaggia non è gestita.

Figura - *Pennelli per dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

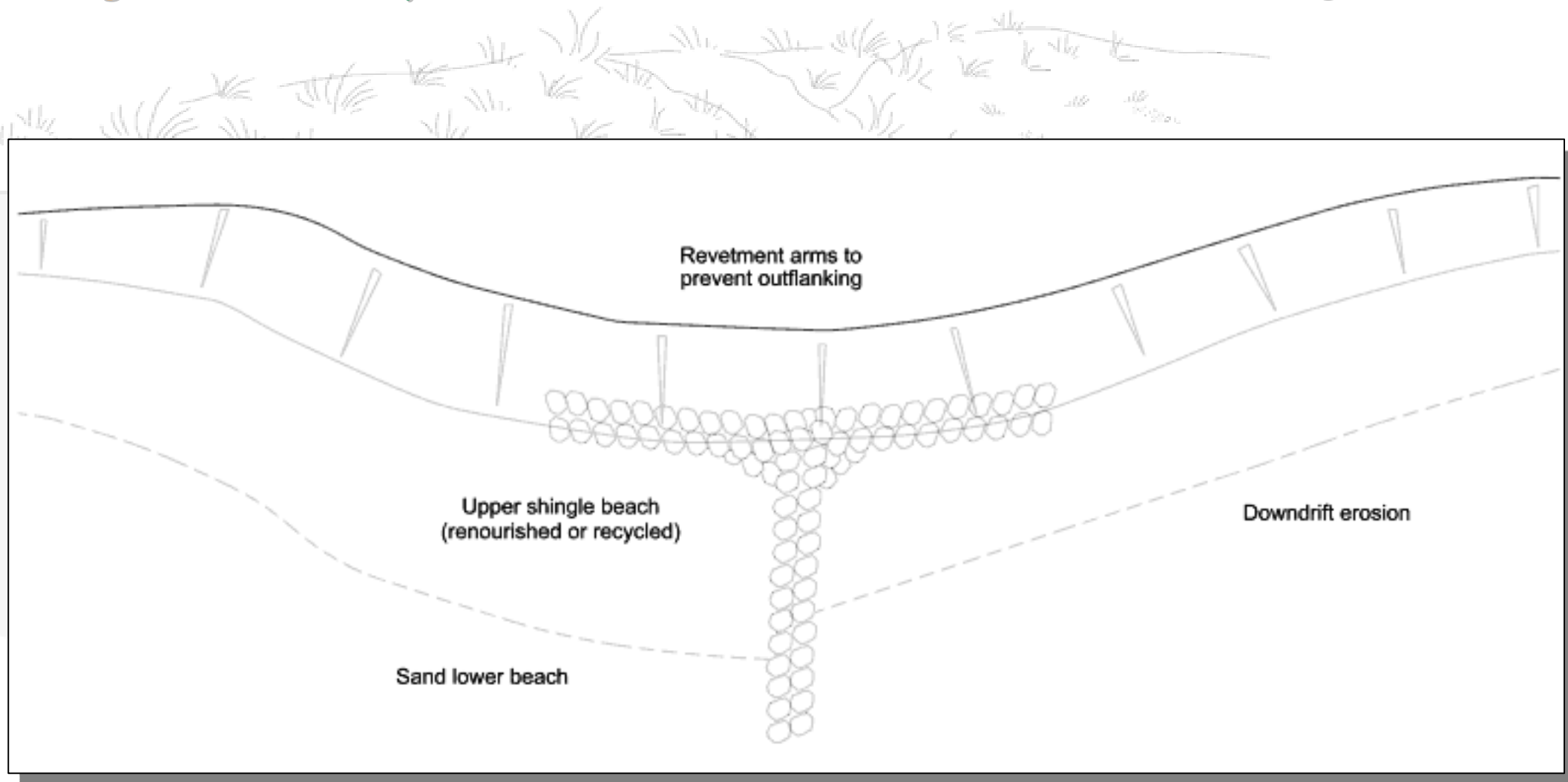


Figura - *Pennelli per dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

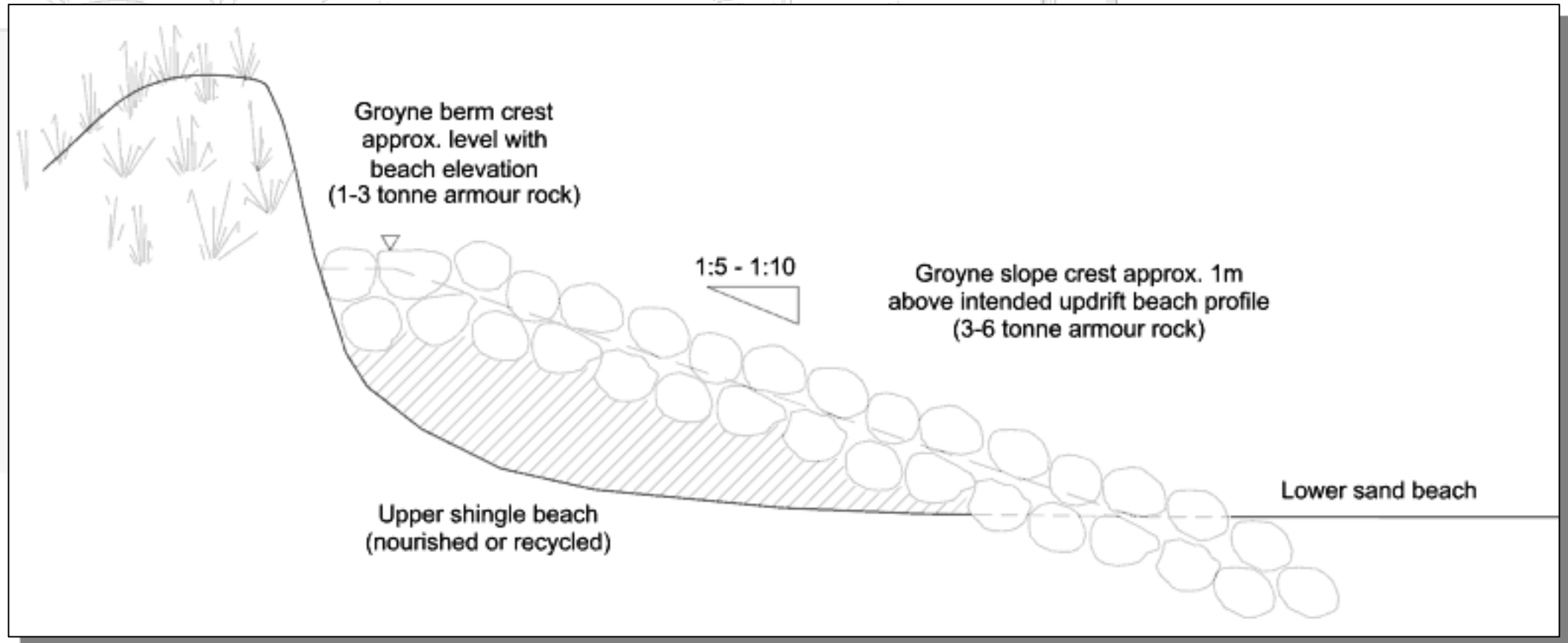


Figura - *Pennelli permeabili per dune in legname* (da APAT Atlante delle spiagge, 2007)

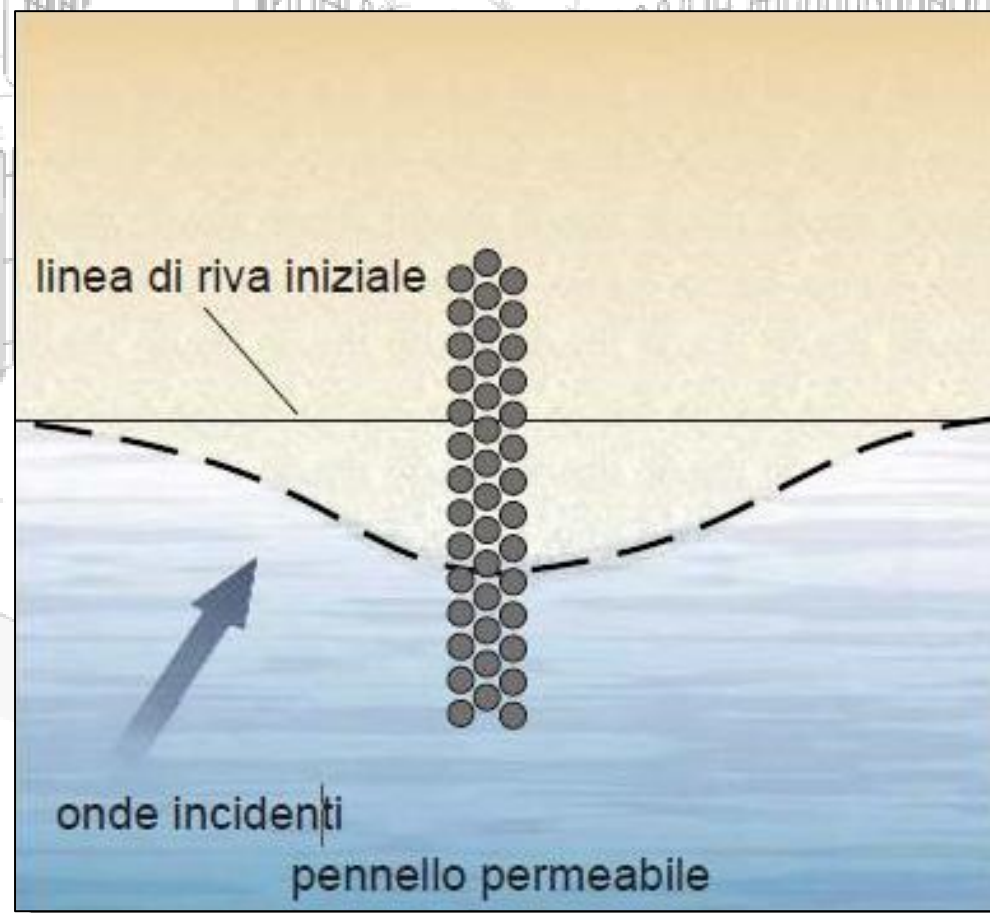
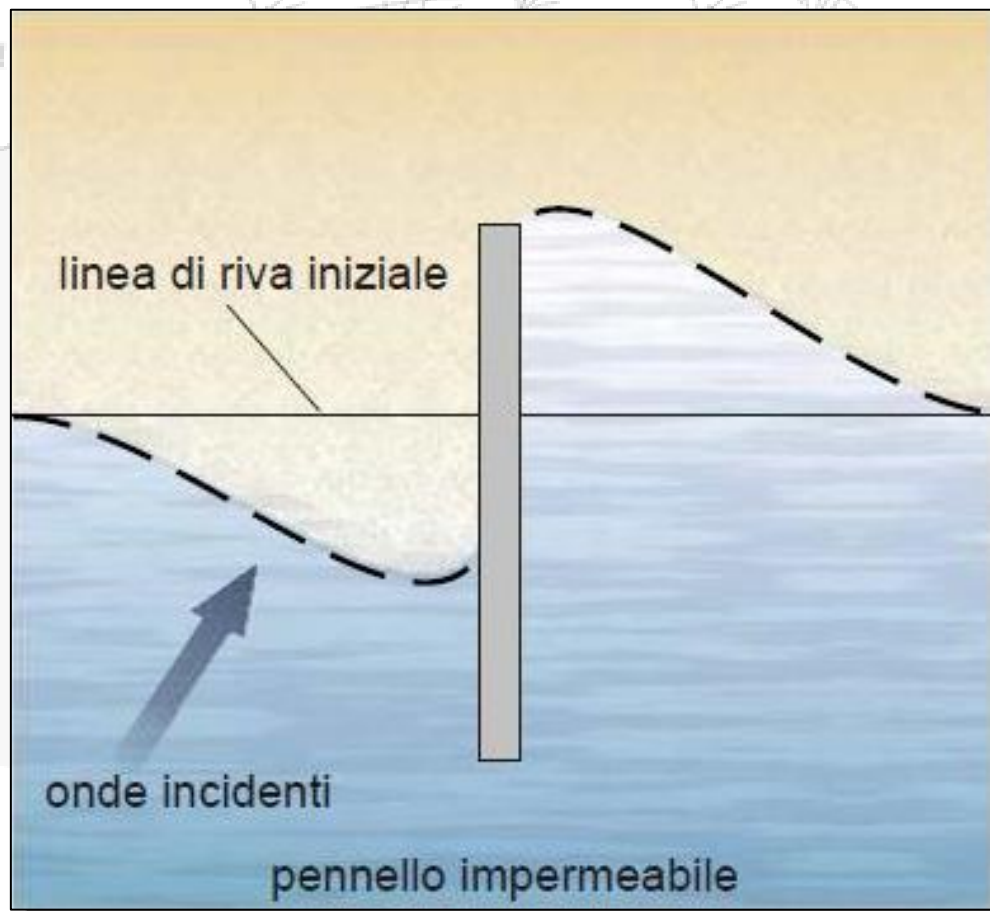


Figura - *Pennelli permeabili per dune in legname* (da DEFRA, 1999)



PHOTOGRAPHERS
DIRECT.COM

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

I pennelli sono strutture **trasversali** progettate per ridurre il trasporto *longshore* su spiagge aperte o per deviare le correnti vicino a riva all'interno di un estuario. In una spiaggia aperta sono normalmente costruiti **in serie** per influenzare una lunga sezione di costa che è stata alimentata o gestita con il riciclo. In un estuario possono essere **singole** strutture.

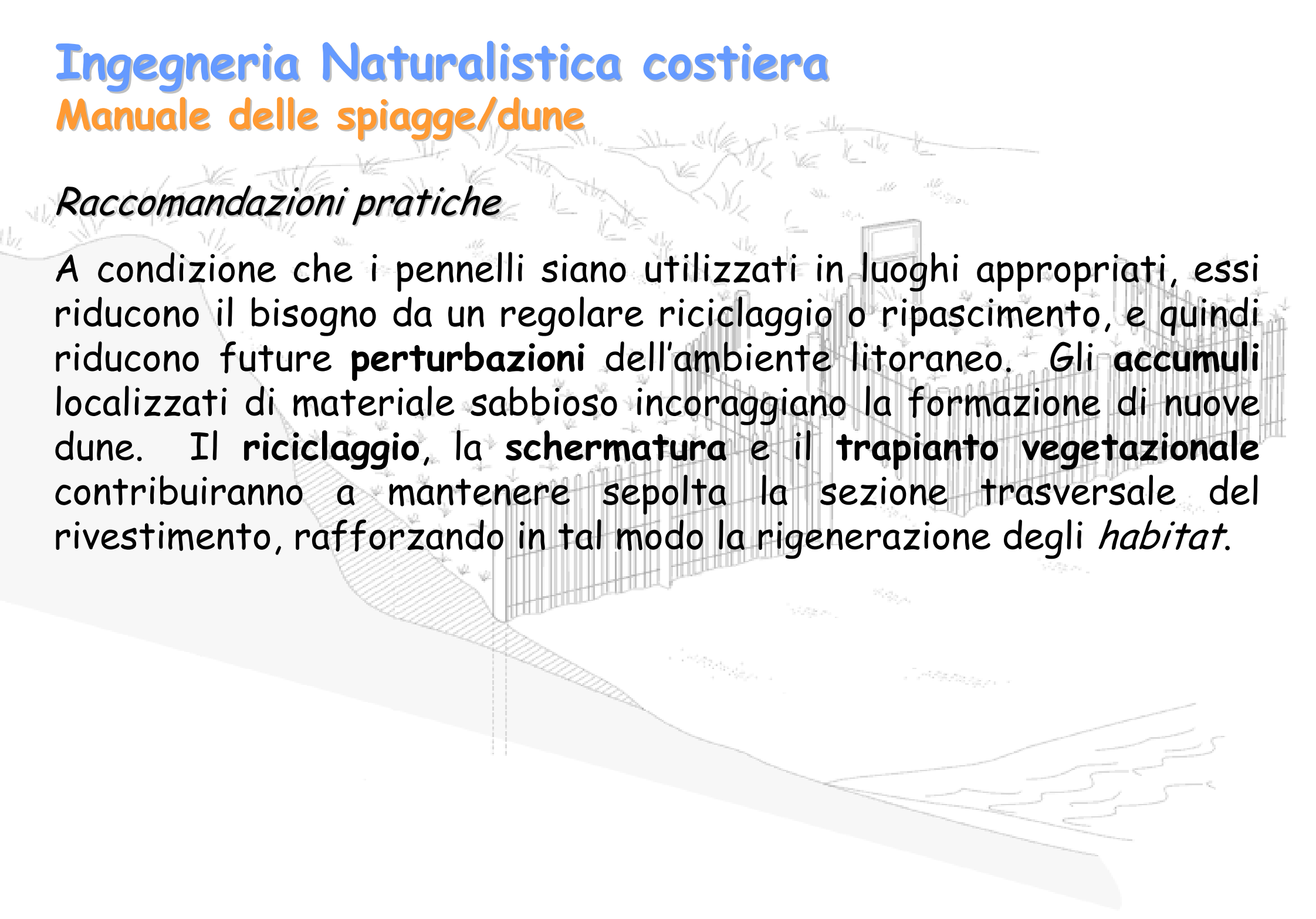
La **pietra** è spesso favorita come materiale da costruzione, ma gabbioni e legname possono essere usati per strutture temporanee con diversa vita utile (legname: 10-25 anni, gabbioni: 1-5 anni). I pennelli sono spesso usati in combinazione con i **rivestimenti** per fornire un elevato livello di protezione all'erosione.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

A condizione che i pennelli siano utilizzati in luoghi appropriati, essi riducono il bisogno da un regolare riciclaggio o ripascimento, e quindi riducono future **perturbazioni** dell'ambiente litoraneo. Gli **accumuli** localizzati di materiale sabbioso incoraggiano la formazione di nuove dune. Il **riciclaggio**, la **schermatura** e il **trapianto vegetazionale** contribuiranno a mantenere sepolta la sezione trasversale del rivestimento, rafforzando in tal modo la rigenerazione degli *habitat*.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per i pennelli:

- Ulteriori indicazioni sulla progettazione delle strutture in pietra sono disponibili presso il **CIRIA / CUR** "Manuale per l'uso di pietrame nell'ingegneria litoranea e costiera" e nel CIRIA "Manuale di gestione della spiaggia".
- La costruzione del pennello dovrebbe normalmente essere accompagnata da un programma continuo di **riciclaggio** o **ripascimento** della spiaggia. Si richiede un regolare **monitoraggio** e **gestione** per ottenere dei buoni risultati. La sorveglianza deve comprendere le coste adiacenti, così come quelle immediatamente comprese dai pennelli.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Le altezze, lunghezze e profili dei pennelli possono essere modificati se il monitoraggio indica che la configurazione iniziale non è idonea al raggiungimento degli obiettivi. La **modifica** è più facile da raggiungere con strutture in pietrame piuttosto che con strutture in legno. Eventuali danni osservati dopo le mareggiate, come massi dislocati, dovrebbero essere corretti durante le operazioni di **manutenzione**.
- Il **legname** utilizzato per la costruzione di un pennello dovrebbe essere derivato da foreste gestite in modo sostenibile.
- I pennelli negli estuari possono avere bisogno di **segnali di navigazione** per garantire la sicurezza pubblica.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

13. DRENAGGIO DI RIVA

Luoghi appropriati:	Escursione di marea bassa, spiaggia di sabbia, siti con un alto valore turistico, bassa a moderata energia del moto ondoso.
Costi:	Da bassi a moderati, con alta manutenzione (€ 6.250 - £ 25.000/100m di lunghezza, più i costi di gestione).
Efficacia:	Aumenta l'ampiezza della spiaggia superiore e delle dune e quindi la stabilità, la vita attesa è variabile.
Vantaggi:	Tecnica non-intrusiva, di ampi risultati, spiaggia più asciutta.
Problemi:	L'erosione della spiaggia da mareggiate può danneggiare il sistema.

Figura - *Drenaggio di dune con geotessili e tubi drenanti (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

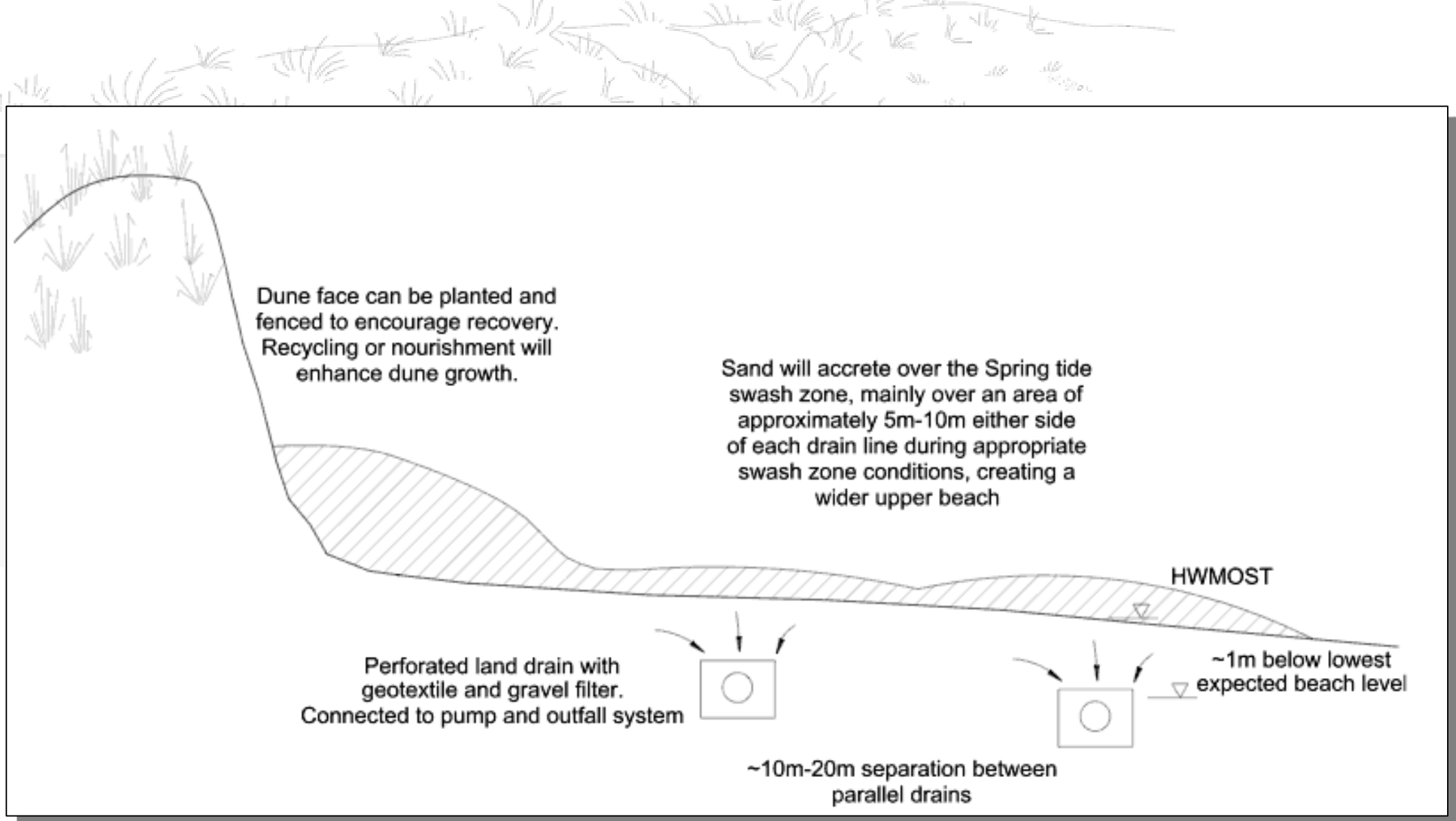
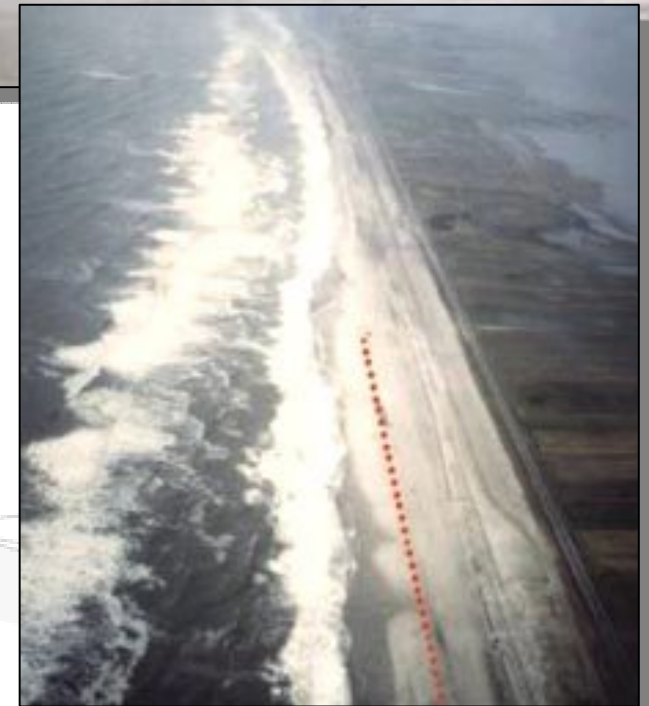
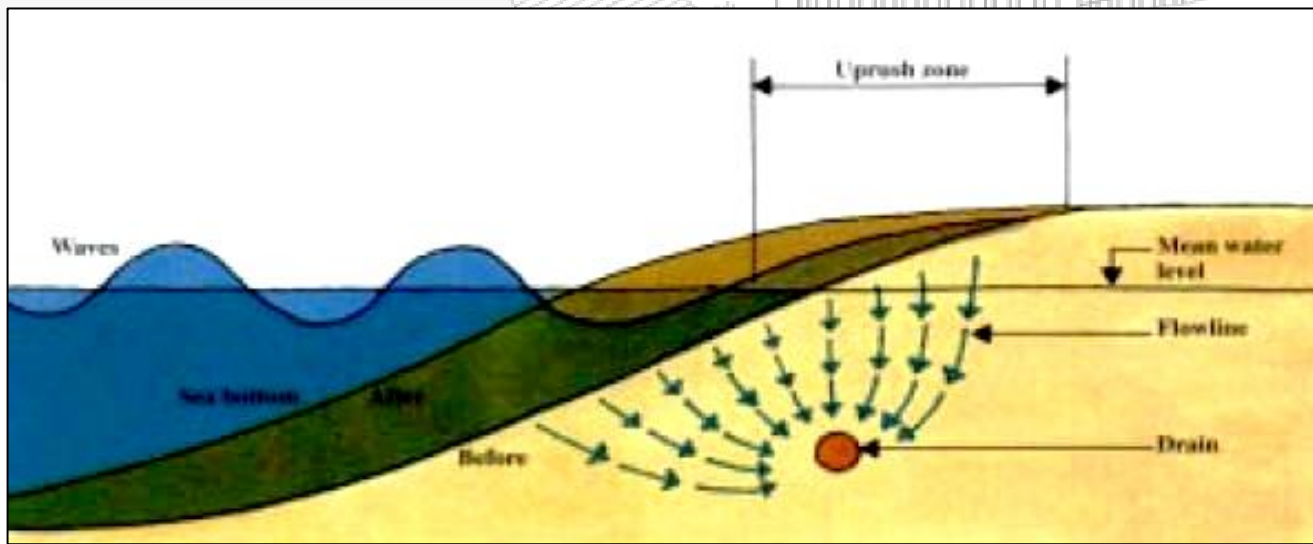


Figura - *Drenaggio di spiaggia sulla costa danese (DK) (da ShoreGro, 2005)*

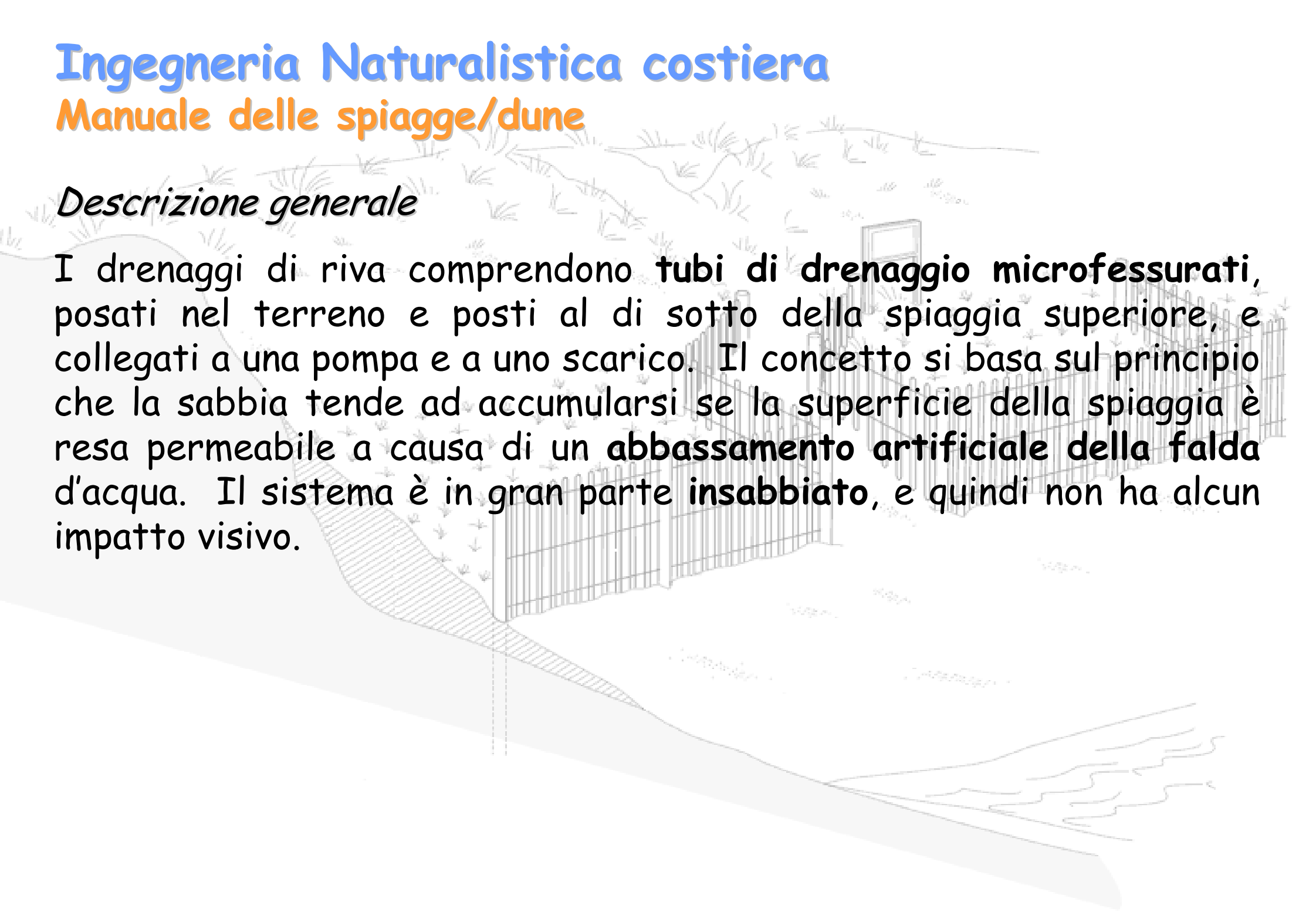


Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

I drenaggi di riva comprendono **tubi di drenaggio microfessurati**, posati nel terreno e posti al di sotto della spiaggia superiore, e collegati a una pompa e a uno scarico. Il concetto si basa sul principio che la sabbia tende ad accumularsi se la superficie della spiaggia è resa permeabile a causa di un **abbassamento artificiale della falda d'acqua**. Il sistema è in gran parte **insabbiato**, e quindi non ha alcun impatto visivo.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

La buona riuscita di un sistema di drenaggio della spiaggia aumenterà l'elevazione e la larghezza della parte emersa della spiaggia, fornendo un miglioramento del valore ambientale e incoraggiando la formazione di dune embrionali. **L'innalzamento della spiaggia superiore** fornirà protezione alle dune durante le mareggiate. **Il riciclaggio** o il **ripascimento** possono avviare gli incrementi della spiaggia; la **schermatura**, il **ricoprimento** e il **trapianto** possono favorire la crescita dunale.

In aggiunta a questi orientamenti generali, le seguenti indicazioni sono di particolare importanza per il drenaggio della spiaggia:

- La **trincea di scavo** deve essere sufficientemente **profonda** per evitare che le tubature inizino ad essere esposte durante le mareggiate.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Le opere di **pompaggio** e di **scarico** non deve essere visivamente invadenti o impattare sui processi naturali della spiaggia.
- I sistemi devono essere soggetti a **controllo regolare** per assicurare che il pompaggio sia ottimizzato per la massima efficacia.
- Se l'**erosione continua**, nonostante l'installazione di un sistema di drenaggio, le **tubature** devono essere **rimosse** prima che siano esposte e danneggiate dalle onde di mareggiata.
- Ove possibile, il **riciclaggio**, la **schermatura** e il **trapianto** devono essere impiegati per formare una nuova linea di **dune embrionali** a monte dei dreni. Queste dune rafforzeranno il paesaggio costiero, forniranno ulteriore protezione contro l'erosione e ristabiliranno una successione naturale di *habitat* dunali dalla battigia al retroduna.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Se il sistema è efficace nel creare nuove avandune, **ulteriori file di tubi drenanti** dovrebbero essere installate e quelle **ridondanti** dovrebbero essere scollegate dalle pompe.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

14. RIVESTIMENTI IN PIETRAME

Luoghi appropriati:	Siti soggetti a grave e continua erosione dove c'è un importante e vasto retroterra con attività a rischio.
Costi:	Alti, ma con relativamente bassa manutenzione (€ 125.000 - € 375.000/100m di lunghezza).
Efficacia:	Buona la protezione a lungo termine. Può essere esteso o modificato per consentire alla riva un futuro cambiamento. Illimitata la vita della struttura.
Vantaggi:	Basso rischio di opzione per importanti attività del retroterra. La superficie permeabile assorbe l'energia del moto ondoso e procura stabilità alla spiaggia superiore.
Problemi:	Forte impatto paesaggistico. Può modificare in modo permanente il sistema dunare dato che la sabbia tende a non depositarsi oltre le rocce se l'erosione della spiaggia continua.

Figura - *Placcatura di dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

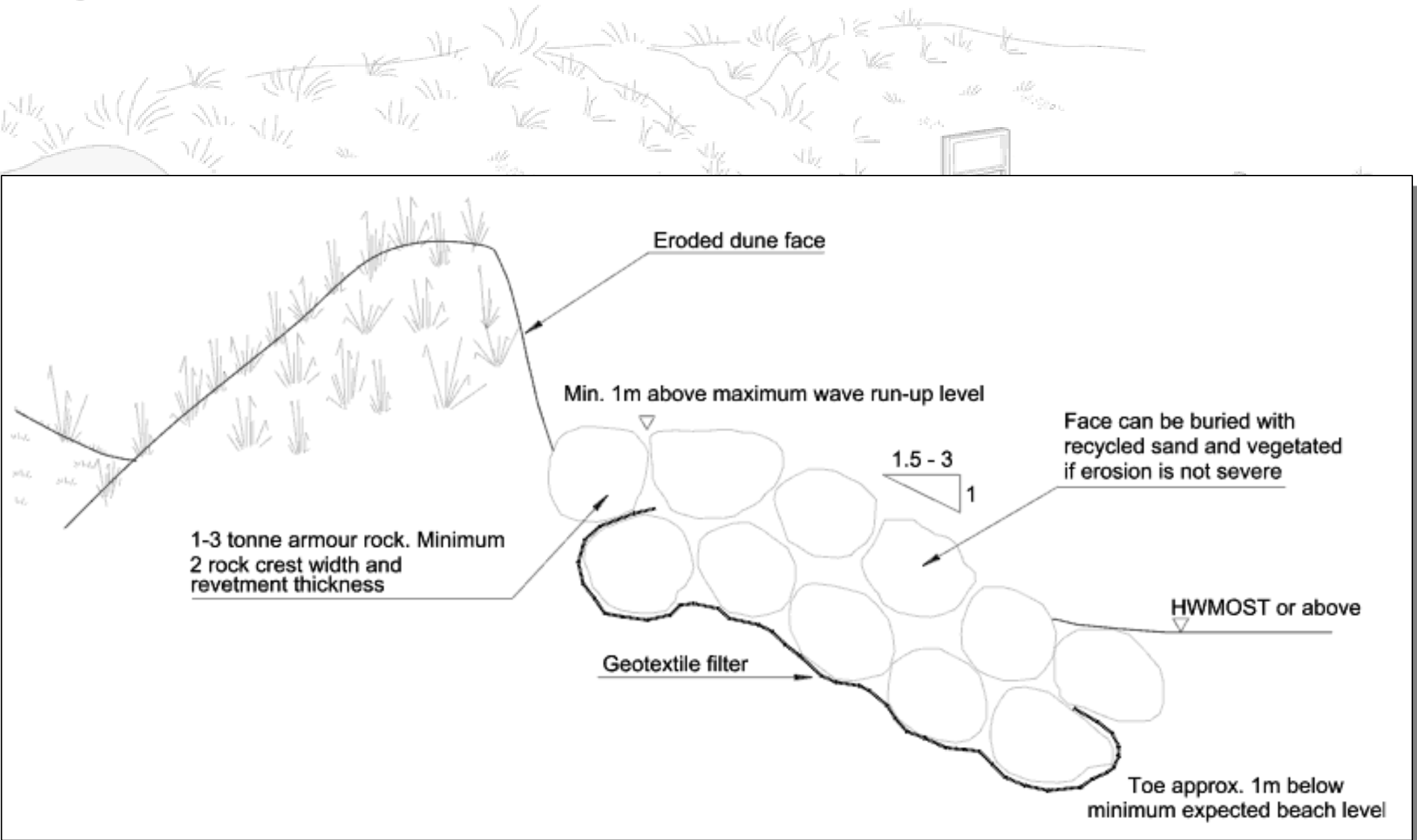


Figura - *Placcatura di dune in massi* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

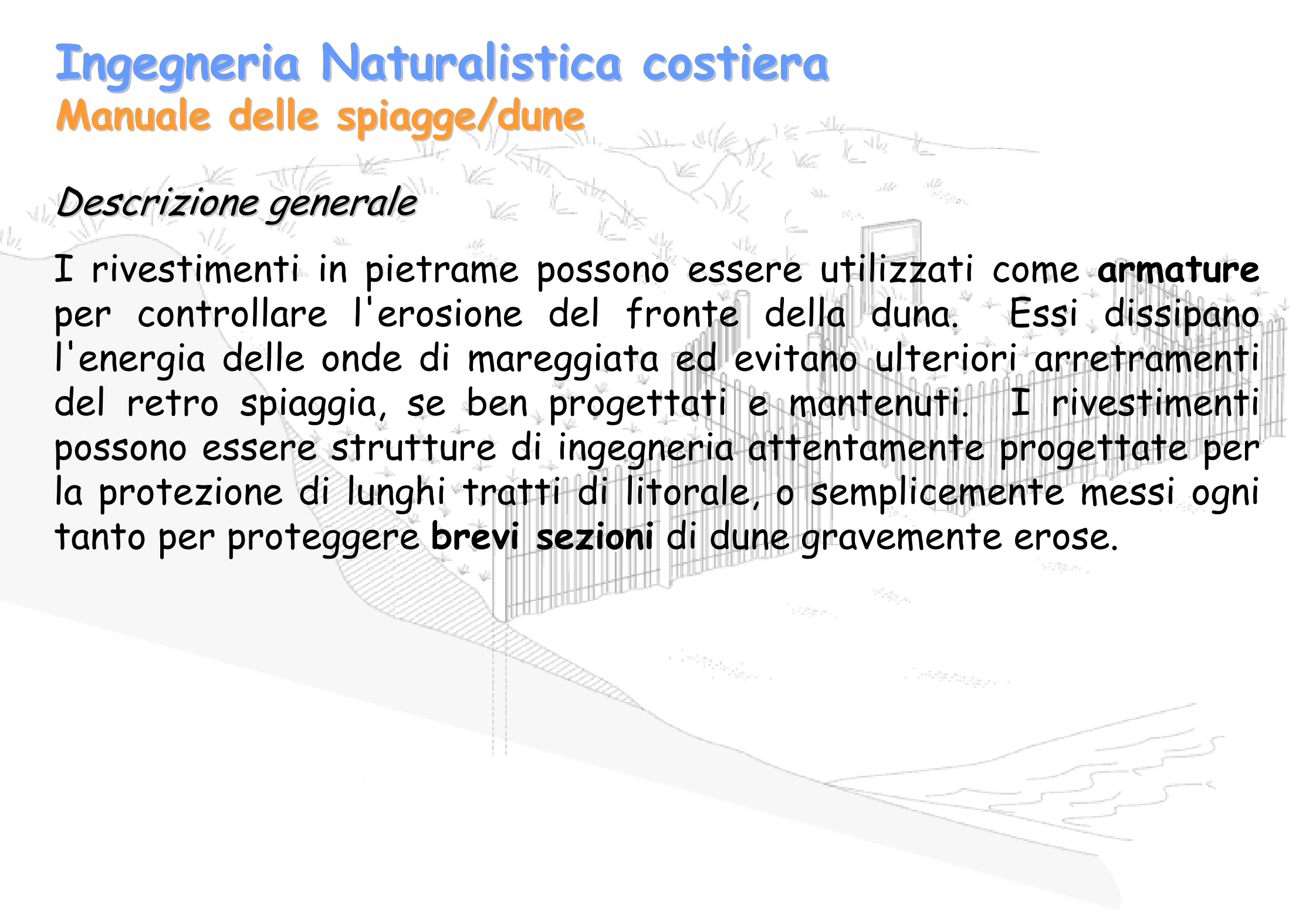


Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

I rivestimenti in pietrame possono essere utilizzati come **armature** per controllare l'erosione del fronte della duna. Essi dissipano l'energia delle onde di mareggiata ed evitano ulteriori arretramenti del retro spiaggia, se ben progettati e mantenuti. I rivestimenti possono essere strutture di ingegneria attentamente progettate per la protezione di lunghi tratti di litorale, o semplicemente messi ogni tanto per proteggere **brevi sezioni** di dune gravemente erose.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

I rivestimenti in pietrame forniscono robuste protezioni a lungo termine per le importanti attività del retroduna. La **berma** del rivestimento può formare una passerella pubblica, riducendo il calpestio delle dune. L'inclusione di sentieri di accesso sicuri giù per la spiaggia apporterà un valore aggiunto.

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per i rivestimenti le seguenti indicazioni.

- Ulteriori indicazioni dettagliate sulla progettazione di strutture in pietrame sono disponibili presso il **CIRIA / CUR** "Manuale per l'uso di pietrame nell'ingegneria litoranea e costiera".
- La progettazione del rivestimento deve prevedere l'incalzare dell'erosione che può dar luogo a segregazione, aggiramento o smottamento e può causare un **parziale fallimento strutturale**.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Ove possibile, il rivestimento della berma dovrebbe essere al **massimo livello della marea ("HWMOST")** o a quota superiore, e il **riciclaggio, la schermatura e il trapianto di vegetazione** devono essere intrapresi per stabilire una nuova linea di dune mobili di fronte e oltre il rivestimento. Queste dune ridurranno l'impatto visivo, offrendo una ulteriore protezione dall'erosione e ristabilendo una successione naturale di habitat dunali dalla battigia al retroduna.
- I **vuoti** tra le rocce d'armatura possono essere **riempiti** lungo la cresta per fornire un percorso pedonale pubblico.
- **Gradini** con corrimani devono essere costruiti all'interno del rivestimento, ad intervalli, per fornire un sicuro accesso del pubblico da e per la spiaggia.

Ingegneria Naturalistica costiera

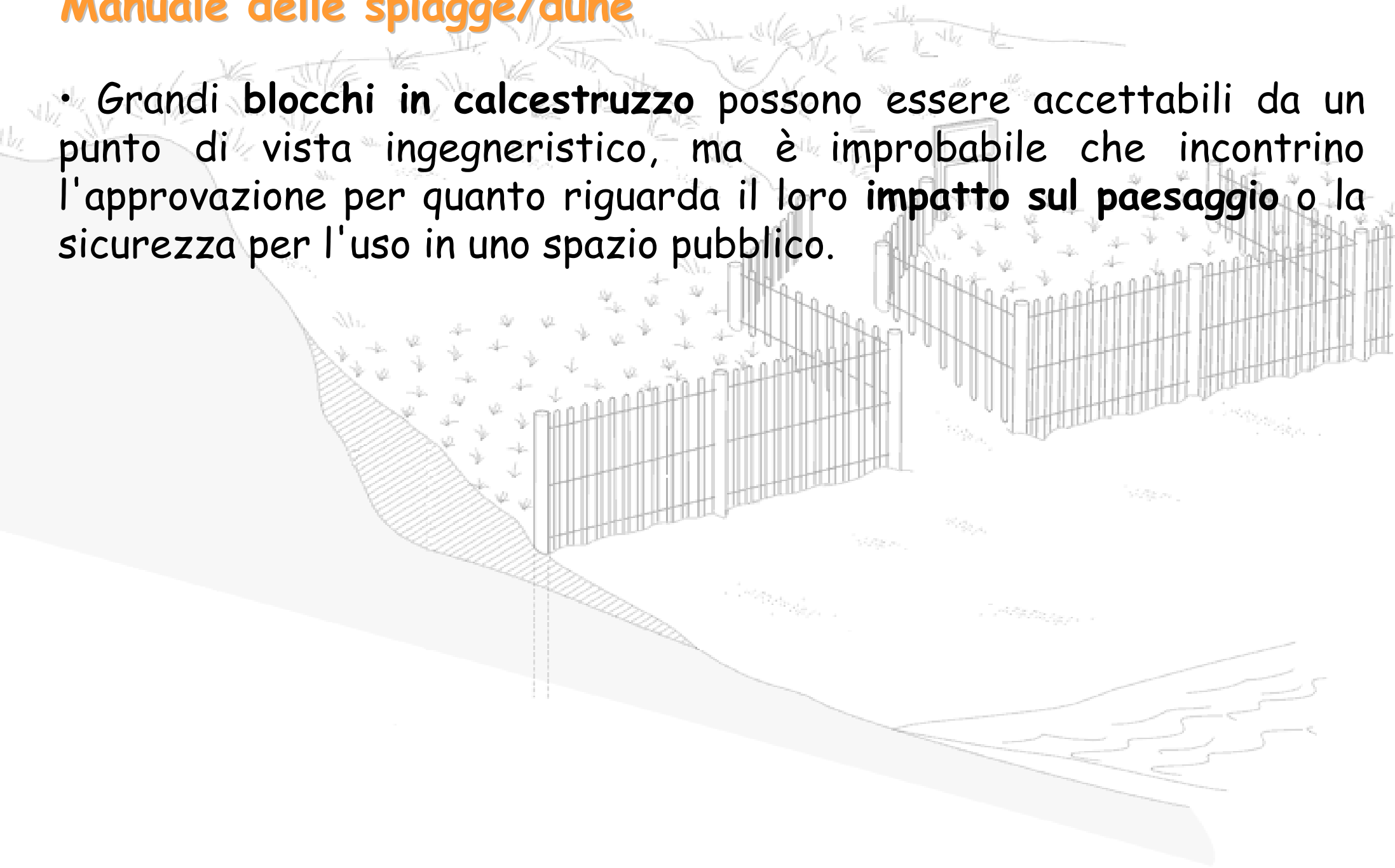
Manuale delle spiagge/dune

- L'uso di **pietra locale** non dovrebbe essere un requisito di progettazione, a meno che non vi siano vere e proprie considerazioni sul paesaggio, come geositi adiacenti; anche in questo caso la pietra locale deve essere utilizzata solo se è facilmente **disponibile** nelle dimensioni richieste ed è un materiale adatto per la costruzioni costiere.
- L'uso di macerie da costruzione è improbabile che sia mai appropriato per la gestione delle dune. La maggior parte del materiale è troppo piccolo per essere efficace e sarà prelevato dalla spiaggia durante la prima mareggiata significativa. Le macerie potrebbero contenere materiale che è pericoloso per gli utenti della spiaggia, tossico o semplicemente poco attraente.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- **Grandi blocchi in calcestruzzo** possono essere accettabili da un punto di vista ingegneristico, ma è improbabile che incontrino l'approvazione per quanto riguarda il loro **impatto sul paesaggio** o la sicurezza per l'uso in uno spazio pubblico.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

15. RIVESTIMENTI IN LEGNAME

Luoghi appropriati:	Siti ad alto valore paesaggistico con modesti problemi e periodiche erosioni.
Costi:	Moderati (da € 2.500 a € 62.500/100m di lunghezza del fronte).
Efficacia:	Forniscono una buona protezione, se solo occasionalmente sono esposti alle onde. 5-30 anni di vita.
Vantaggi:	Normalmente accettabili per il pubblico. Meno costosi dei muri a mare o dei rivestimenti in roccia
Problemi:	Vita limitata, in particolare quando esposti all'azione delle onde. Visivamente invadenti. Alterano i processi spiaggia-duna di sabbia dato che l'interscambio è perturbato.

Figura - *Staccionate paraonde* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

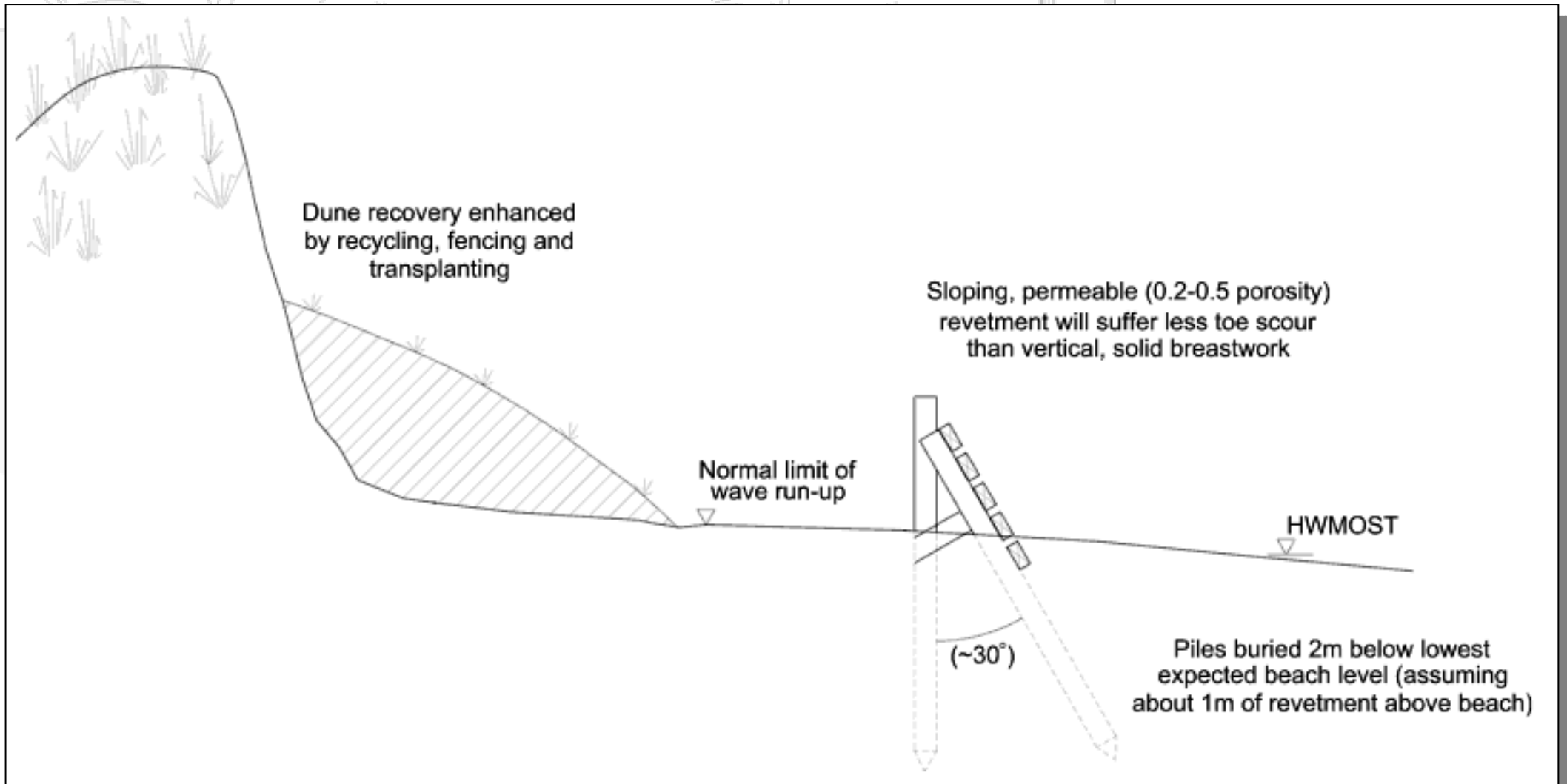


Figura - *Palizzate per dune in legno* (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

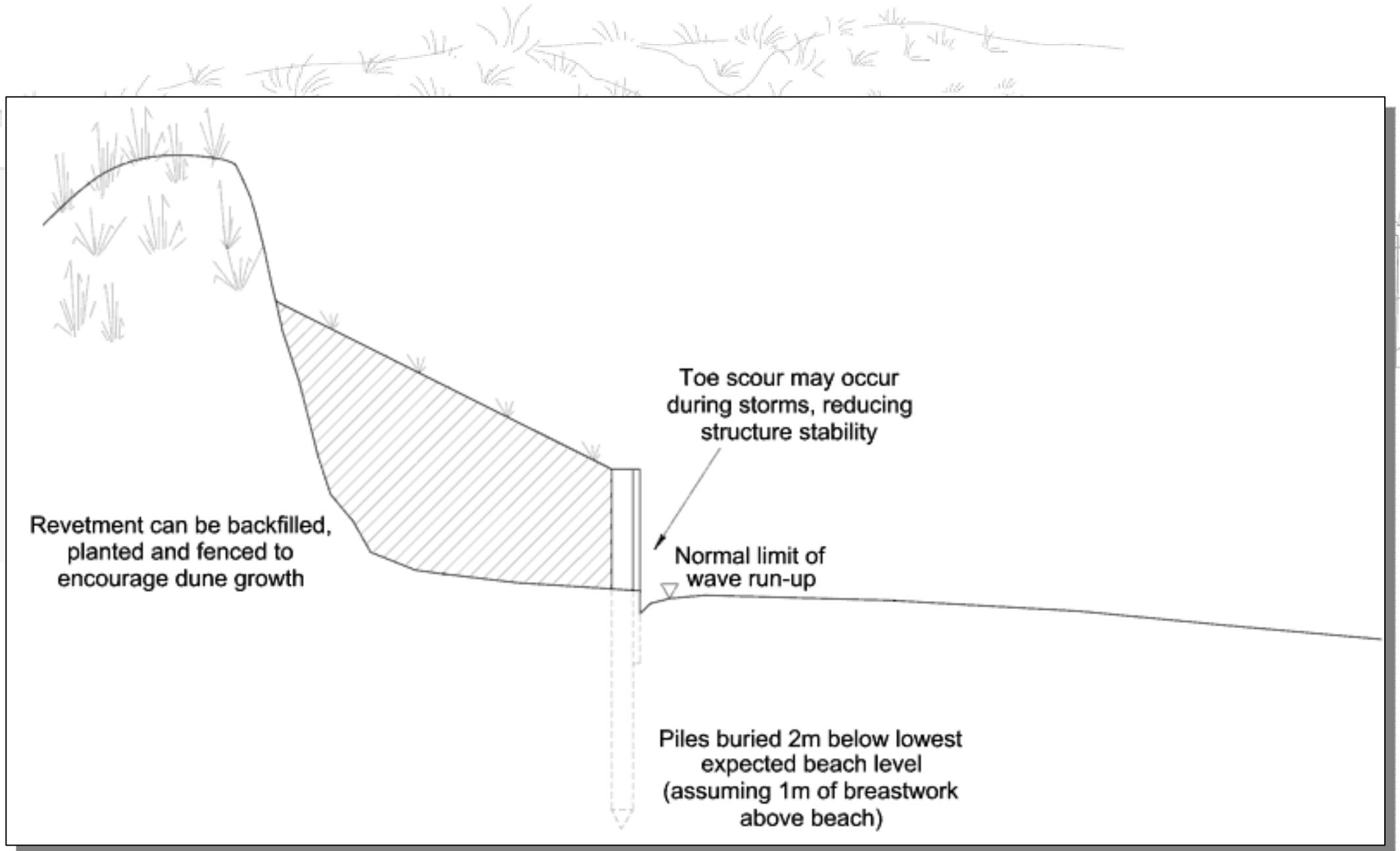


Figura - *Staccionate paraonde* (da DEFRA, 1999)

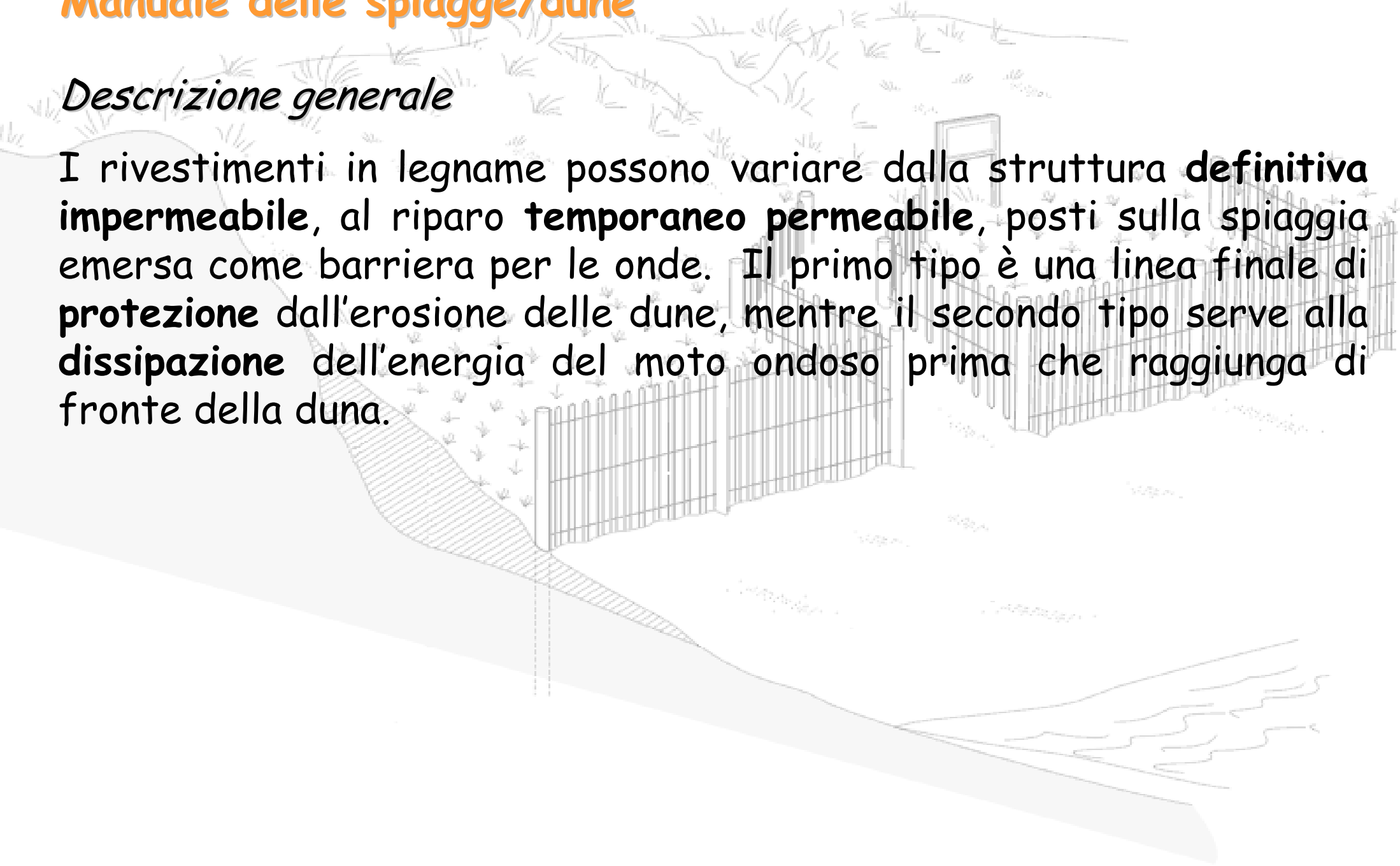


Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

I rivestimenti in legname possono variare dalla struttura **definitiva impermeabile**, al riparo **temporaneo permeabile**, posti sulla spiaggia emersa come barriera per le onde. Il primo tipo è una linea finale di **protezione** dall'erosione delle dune, mentre il secondo tipo serve alla **dissipazione dell'energia** del moto ondoso prima che raggiunga di fronte della duna.



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

Le strutture in legname offrono una grande **flessibilità** nella progettazione. Esse possono essere incorporate in sistemi di gestione turistica e spesso sono prontamente accettate dal pubblico. Le strutture in legname sono facilmente **riparabili** o **estensibili** rispetto a strutture di calcestruzzo.

In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per i rivestimenti in legname le seguenti indicazioni.

- La **progettazione** deve prevedere l'evoluzione dell'erosione del litorale, che può portare al dissesto, allo scavalcamento o all'aggiramento, provocando il **deterioramento strutturale**.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Ove possibile, il riciclaggio, la schermatura e il trapianto vegetazionale devono essere impiegati per stabilire una nuova linea di avandune di fronte e al di sopra del rivestimento. Queste dune ridurranno l'impatto visivo, offrendo una ulteriore protezione dall'erosione e ristabilendo una successione naturale di *habitat* dunali dalla battigia al retrospiaggia.
- Il legname duro dovrebbero essere raccolto da foreste gestite in modo sostenibile.
- I danni devono essere riparati rapidamente per mantenere l'efficacia dell'intervento.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

16. RIVESTIMENTI IMPERMEABILI E MURI A MARE

Luoghi appropriati:	Superfici esposte con attività ampie e di alto valore nel retroterra.
Costi:	Alti, ma bassa la manutenzione (€ 250.000 - € 625.000/100m di lunghezza).
Efficacia:	Fornisce una buona protezione a medio termine, ma la continua erosione può provocare a lungo termine il fallimento (30-50 anni l'aspettativa di vita).
Vantaggi:	Linea fissa di difesa che consente lo sviluppo fino al litorale. Consente impianti ricreativi lungo il retrospiaggia e facile accesso al mare.
Problemi:	La continua erosione può causare l'indebolimento strutturale e il fallimento. Completa interruzione dei processi naturali spiaggia-duna.

Figura - Rivestimento per dune in calcestruzzo (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)

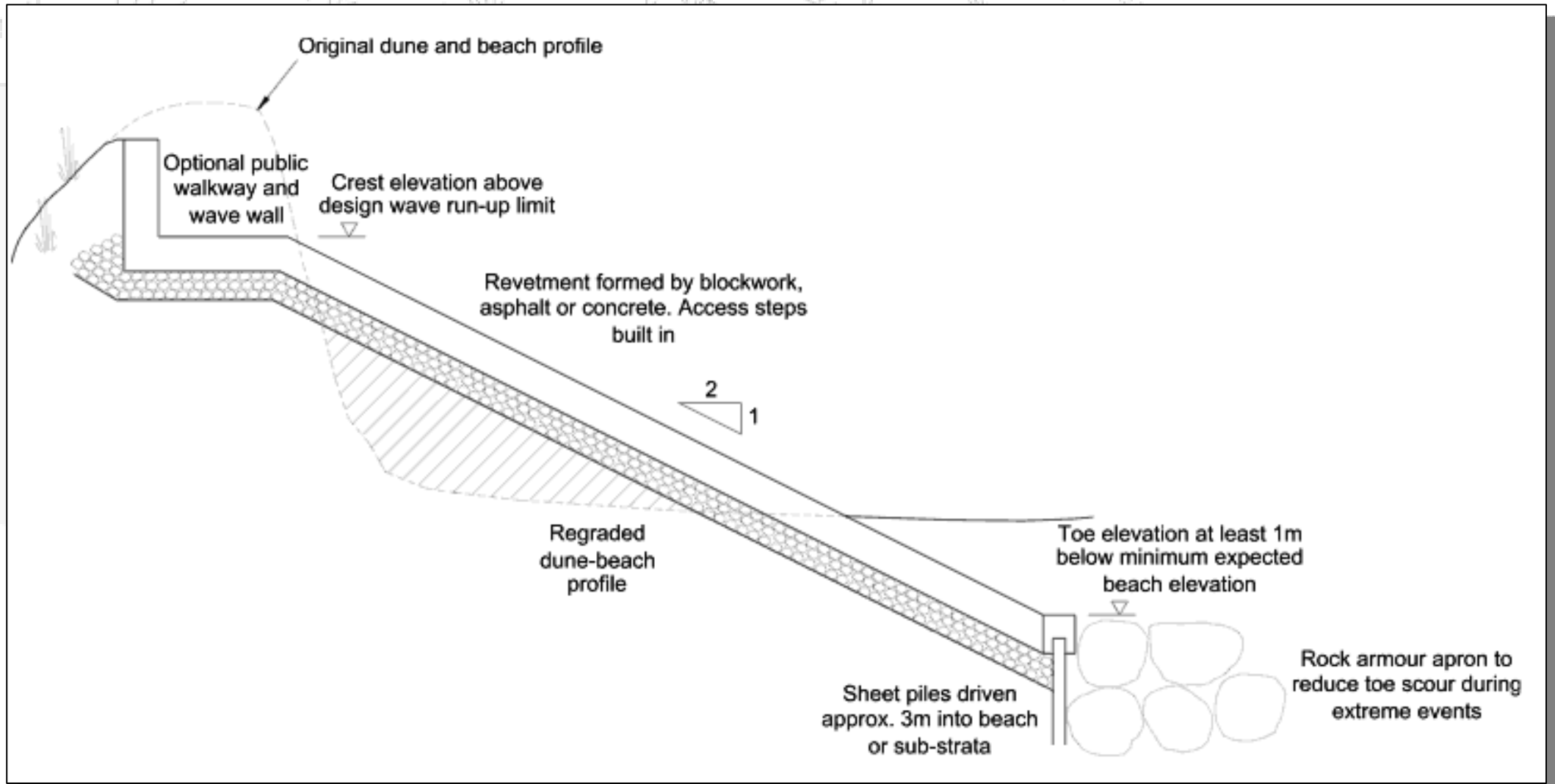


Figura - Rivestimento per dune in calcestruzzo (da *Scottish Natural Heritage, 2004*)



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

I rivestimenti impermeabili sono strutture inclinate continue di difesa in calcestruzzo o pietrame, asfalto o cemento. I **rivestimenti** sono costruiti lungo il fronte dunale, preferibilmente **al di sopra del limite di risalita dell'onda** in condizioni normali. Dove sono previsti frequenti attacchi d'onda, il rivestimento può essere sormontato da un muro verticale o ricurvo per ridurre lo scavalcamento.

I **muri a mare** sono assimilabili a strutture verticali di calcestruzzo, muratura, o a paratie di pali, progettati per resistere ai più gravi attacchi d'onda. Il loro uso è stato popolare in passato, ma sono ora considerati solitamente costosi, **dannosi** per la stabilità delle spiagge e **inadeguati** per la gestione dell'erosione lungo un litorale dunale.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

I rivestimenti possono essere utilizzati per fornire un accesso sicuro del pubblico alla spiaggia, e possono supportare un **passaggio pedonale** lungo la costa, in modo da ridurre il calpestio delle restanti dune. Il retrospiaggia può essere protetto dall'erosione marina e l'*habitat* delle dune "grigie", o stabilizzate, può così conservarsi.

In aggiunta a questi orientamenti generali, le seguenti indicazioni sono di particolare importanza per i rivestimenti impermeabili:

- La **progettazione** di un rivestimento deve prevedere una erosione progressiva che può dar luogo a segregazione del materiale, scavalciamento, smottamento e a sifonamento dei sedimenti sottostanti, ciascuna delle quali può causare un **cedimento strutturale**.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

- Ove possibile, il riciclaggio, la schermatura e il trapianto di **vegetazione** deve essere intrapreso per stabilire una nuova linea di dune embrionali davanti e oltre il rivestimento. Queste dune ridurranno l'impatto visivo, garantendo una ulteriore protezione dall'erosione e ristabilendo una successione naturale di *habitat* dunali dalla battigia al retroduna.
- **Passaggi gradonati** con corrimano dovrebbero essere costruiti all'interno del rivestimento ad intervalli, rendendo sicuro l'accesso del pubblico da e per la spiaggia.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

17. PIANTAGIONE DI FANEROGAME MARINE

Luoghi appropriati:	Su fondali sabbiosi tra 4 e 40 m, preferibilmente su <i>matte</i> morta. Improbabile la riuscita dove l'idrodinamismo, l'erosione o l'inquinamento è ingente.
Costi:	Elevati, con alta intensità di lavoro subacqueo in corso di realizzazione e gestione (€ 50 - € 250/mq).
Efficacia:	Valorizzazione nel recupero della spiaggia sommersa ed emersa. Il serbatoio di sabbia trattenuto dalle piante e l'inerzia foliare fornirà una amplificazione alla resistenza all'erosione da mareggiate.
Vantaggi:	Adatto ai sistemi naturali. Può essere utilizzato per migliorare le altre opzioni di gestione. Tendenzialmente si autosostiene.
Problemi:	Normalmente richiede un supporto antierosivo (reti o materassi nei primi anni di sviluppo per raggiungere il successo. Può essere completamente perso per erosione da mareggiata.

Figura - *Bloccosezione di prateria in fase di crescita (Boudouresque e Meinez, 1982, modificato)*

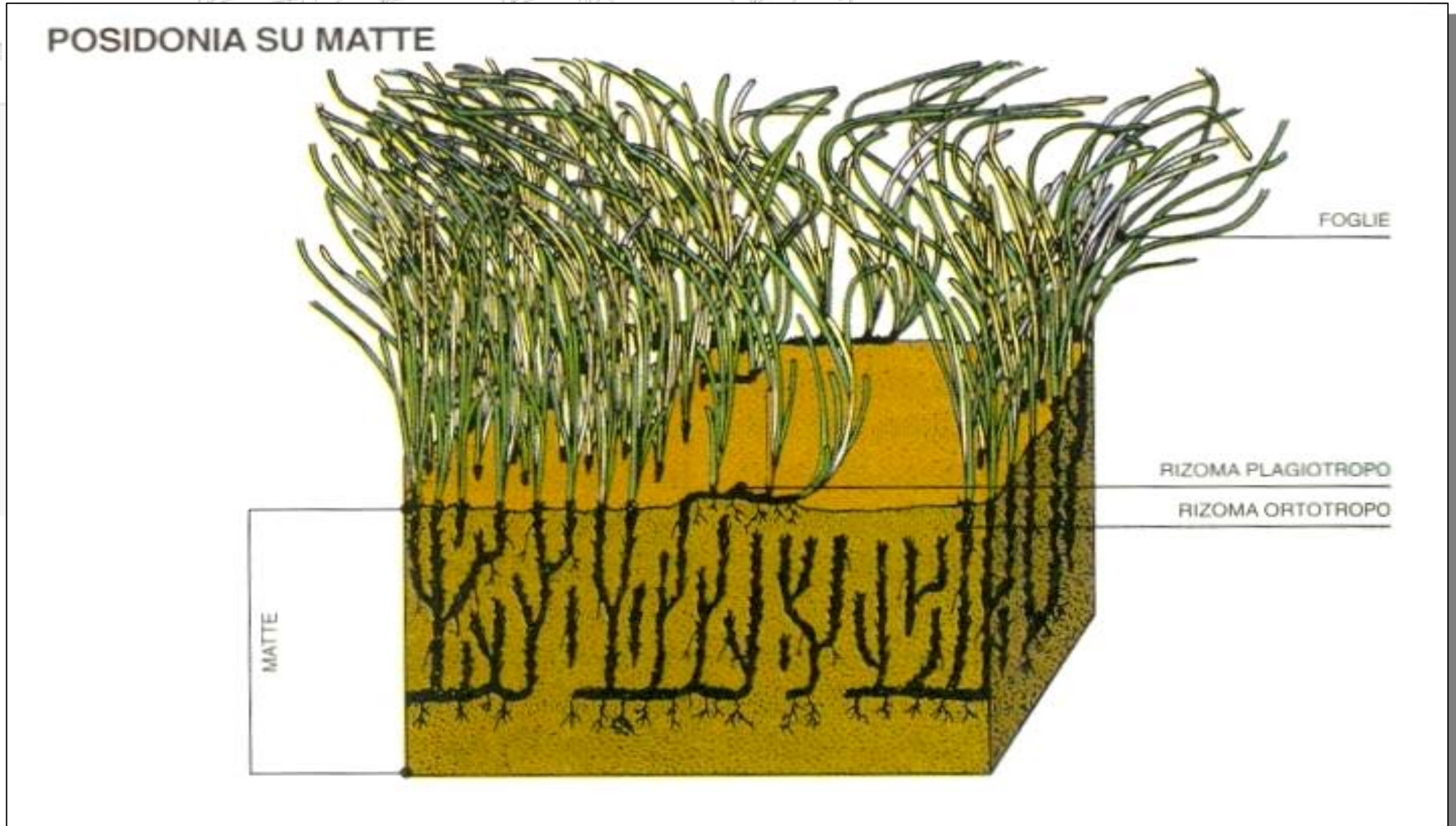


Figura - *Materasso rinverdito su fondale dopo 7 mesi all'Elba (da F. Cinelli, 2007)*

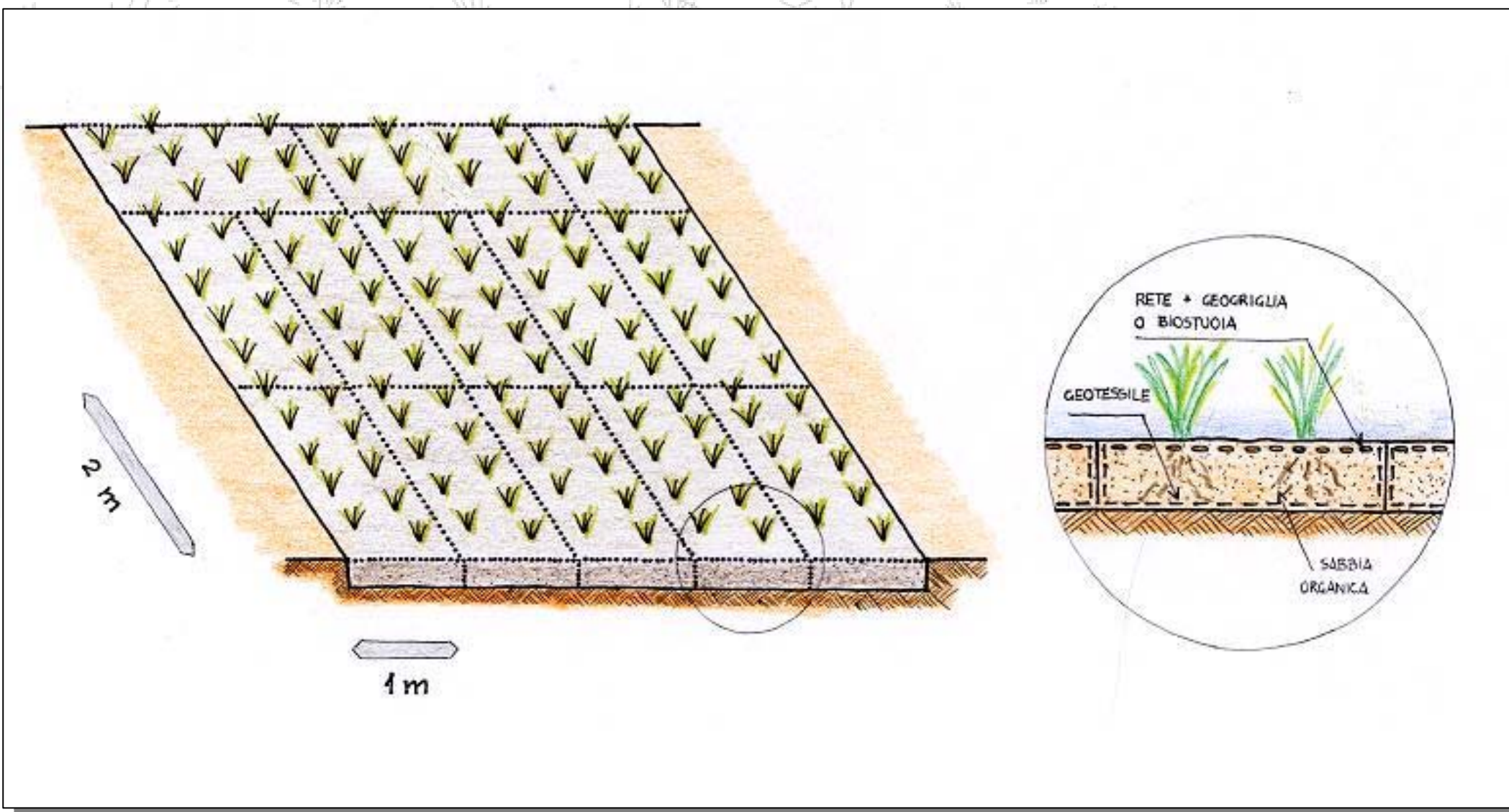


Figura - (da F. Cinelli, 2007)



Figura - Materasso in rete metallica con geostuoia in polipropilene e con geotessuto in bopolimero (PP e PE) (da M. Zanella, 2006)

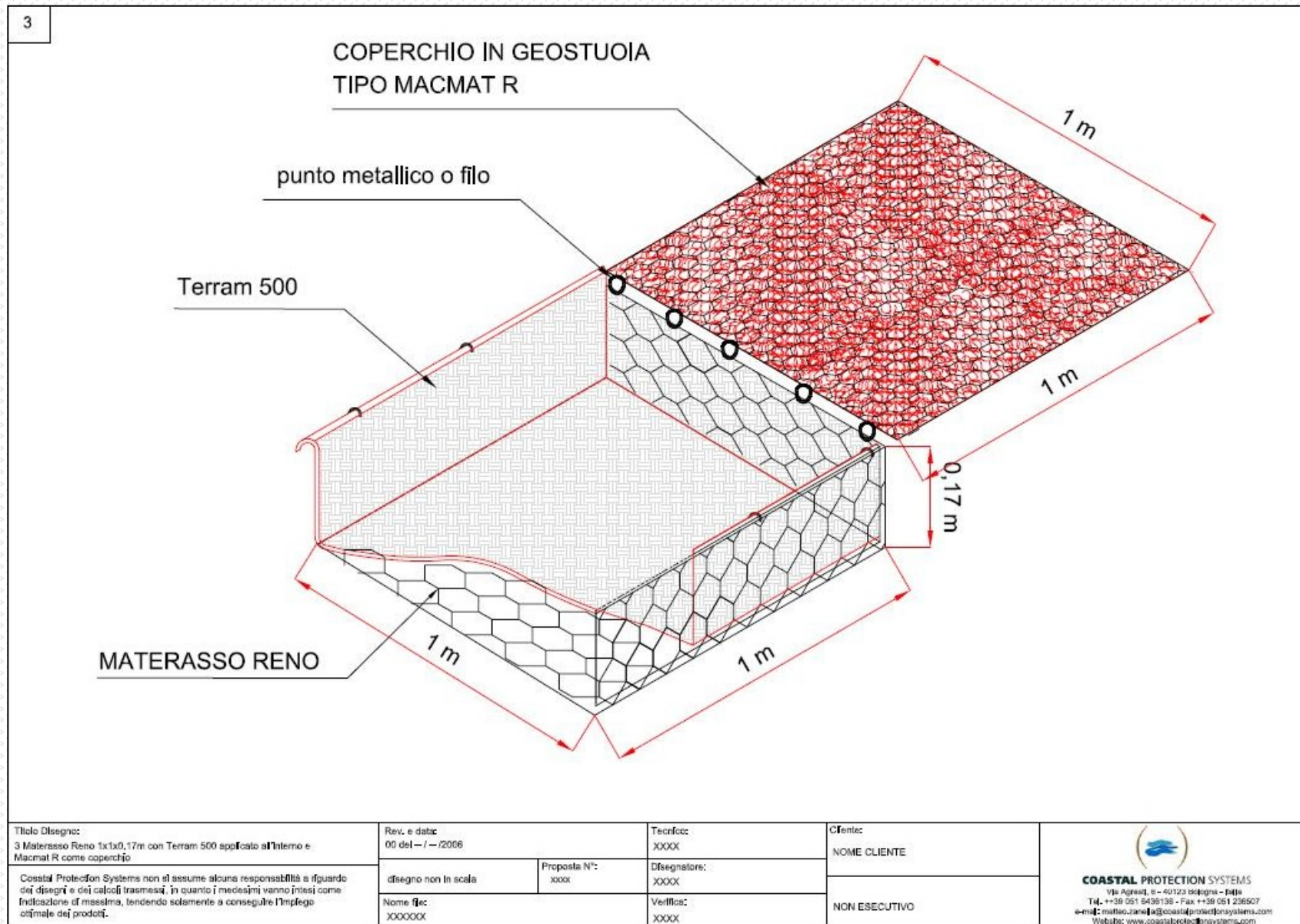


Figura - *Materasso rinverdito su fondale a Capo Rizzuto (da F. Cinelli, 2009)*



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Descrizione generale

Il trapianto di **Fanerogame marine** può essere considerato come una versione marina degli interventi di rivegetazione su versanti e sponde fluviali, e lavora sul principio di **dissipazione** di energia da moto ondoso per attrito. La piantumazione di *Posidonia* su fondali relativamente protetti è ormai ben compresa. Tuttavia ci sono problemi con l'applicazione di questa tecnica in coste esposte, come il **tempo di crescita** e la creazione di una **prateria** sufficientemente estesa. La tecnica è da collaudare per quanto riguarda lo smorzamento significativo delle onde su coste esposte e può essere abbinabile alla **gestione** delle dune.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

Raccomandazioni pratiche

Boudouresque ha elaborato le seguenti regole per eseguire trapianti di fanerogame marine con successo.

1. I siti (e i biotopi) di reintroduzione devono essere occupati da specie **autoctone**.

2. Le **cause** della sparizione di specie da reintrodurre devono essere eliminate: inquinamento, torbidità, pressione antropica, ecc..

3. La reintroduzione non va effettuata in prossimità di una popolazione **sopravvissuta** importante (evitare di "reintrodurre per reintrodurre").

4. Le conoscenze sulla **biologia** delle specie (dinamica delle popolazioni, biologia della riproduzione, ecc.) consentono di prevedere il successo di una reintroduzione.

Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

5. La reintroduzione non si può fare a compensazione della **distruzione** di una popolazione della medesima specie. Per evitare un tale risultato, si decide che, per un raggio di 10 km intorno alla zona di distruzione pianificata (nell'ambito di una gestione del litorale), non possano essere realizzate reintroduzioni per un periodo di 10 anni.

6. Il prelievo di individui destinati alla reintroduzione non deve mettere in **pericolo** la popolazione **donatrice**.

7. Gli individui destinati alla reintroduzione o al rinfoltimento devono provenire da una popolazione **geneticamente identica** (o simile) a quella che occupa la regione dove è progettata la reintroduzione.

8. Le tecniche di reintroduzione (o di rinfoltimento delle popolazioni) devono essere **compatibili** con gli spazi o gli ecosistemi indigeni.

Figura - *Mappa della barriera artificiale a Loano e distribuzione dei principali tipi di fondale (da G. Relini, 1991)*

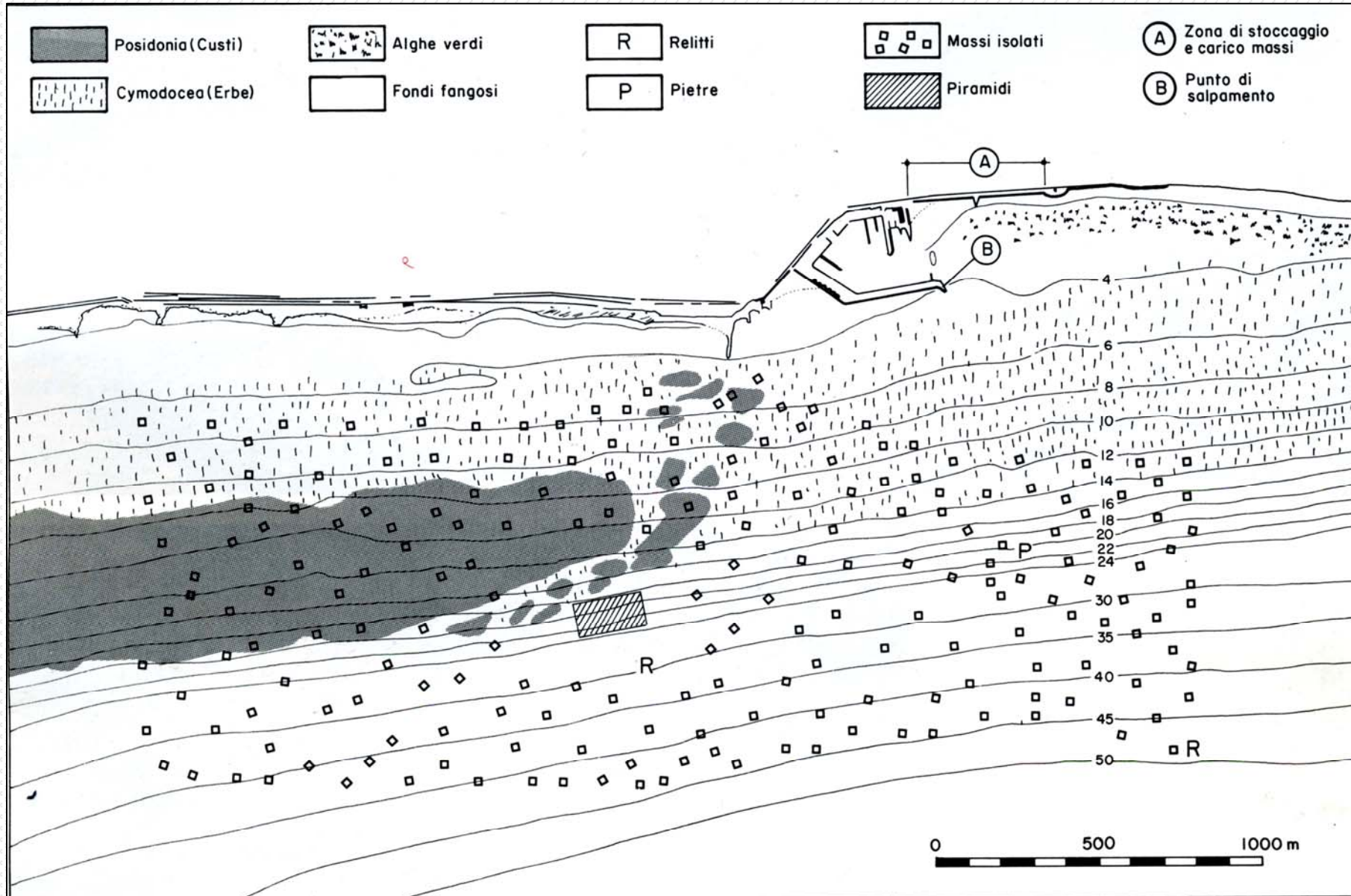


Figura - *Disposizione dei blocchi di barriera artificiale a Loano*
(da G. Relini, 1991)

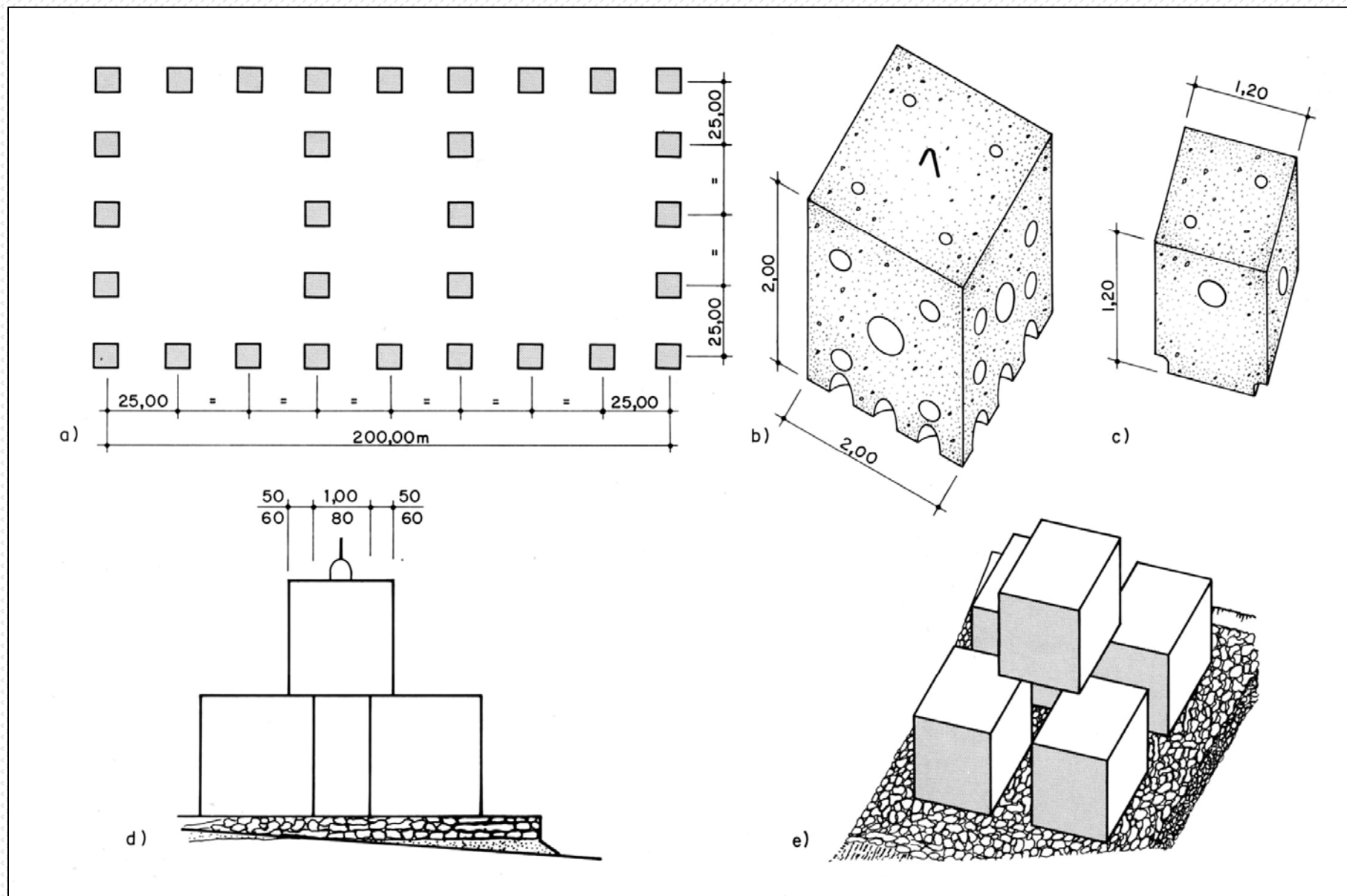


Figura - *Modulo della barriera artificiale su fondale di Loano (da G. Relini, 1991)*



Ingegneria Naturalistica costiera

Manuale delle spiagge/dune

La realizzazione di **zone marine** protette da **barriere artificiali** ha il duplice vantaggio di impedire la pratica illegale della pesca a strascico nella fascia costiera, e di costruire degli *habitat* ideali per la riproduzione di specie ad affinità con i substrati duri.

In aggiunta, le ricerche compiute dimostrano la validità delle **barriere artificiali** nell'alimentazione delle specie ittiche e la loro utilità nella protezione del posidonieto, la cui importanza per l'equilibrio ecologico dei sistemi marino - costieri è indiscussa.

In sostanza, il ruolo svolto dalle barriere è il seguente :

- a. - **recupero** dei fondali degradati;
- b. - **blocco** meccanico della pesca a strascico;
- c. - **rilancio** delle attività di piccola pesca artigianale.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

23 ottobre 2009 - Roma

Linee Guida Difesa Coste

Ingegnere Ambientale Federico Boccalaro
AIPIN socio esperto difesa suolo